COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
140402-51 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS,

AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

TOME DEUX-CENT-TRENTE-TROISIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1951.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1951



COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 JUILLET 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à Sir **Shanti Swarupa Bhatnagar**, Directeur de la Recherche scientifique des Indes, MM. **Paul Bourgeois**, Directeur de l'Observatoire Royal de Belgique, **Hans Rademacher**, Professeur à l'Université de Pennsylvanie, **Frederick Stratton**, Correspondant de l'Académie, Secrétaire général du Conseil international des Unions Scientifiques, **Gabor Szegö**, Professeur à l'Université de Stanford, qui assistent à la séance.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Rubiacées Développement de l'embryon chez le* Richardsonia pilosa *H. B. et K.* (R. brasiliensis *Hayme*). Note de M. **René Souèges**.

Le *Richardsonia pilosa* offre des formes embryonnaires très régulières qui se développent selon des lois tout à fait identiques à celles qui ont été observées chez les *Nicotiana* et les *Hyoscyamus*. Cette espèce apporte ainsi la preuve formelle de l'étroite parenté des Solanacées et des Rubiacées, que les formes irrégulières du *Sherardia arvensis* n'avaient pas permis, en 1925, d'établir de manière indiscutable.

Les caractères embryogéniques des Rubiacées n'ont jamais été nettement définis. Le *Sherardia arvensis*, que j'ai examiné en 1924-1925 (1), le plus

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1919; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 72, 1925, p. 546.

rigoureusement possible, en multipliant les observations dans l'extrême limite du raisonnable, ne s'est pas montré un exemple favorable. Son étude n'a pas permis de dégager des résultats concluants, pouvant être traduits en formules précises dans un tableau récapitulatif des lois du développement. C'est par les grandes variations et les irrégularités de ses formes embryonnaires que cette espèce a pu être rapprochée de certains représentants des Solanacées (*Datura*, *Solanum*) ([2]), offrant des variations et des irrégularités analogues, et que de bonnes raisons ont pu ainsi être produites pour rattacher les Rubiacées aux Solanacées.

Cependant la preuve formelle, évidente et irréfutable, de ces rapports faisait défaut. Le *Richardsonia pilosa* nous l'apporte aujourd'hui pleine et entière. Cette plante avait déjà fait l'objet en 1899, de la part de F. E. Lloyd ([3]), d'investigations vraiment bien succinctes et nullement démonstratives, cet auteur ne donnant que trois figures, très exactes d'ailleurs, et se contentant de signaler, en quelques mots, que l'embryon se développe en une rangée de cellules discoïdales, que le suspenseur, en outre, demeure court et n'offre pas d'adaptations spéciales.

Comme le démontrent les figures 1 à 12, chez le *Richardsonia pilosa*, les formes embryonnaires sont de construction régulière et tout à fait comparables à celles qui, rencontrées chez les *Nicotiana* et chez les *Hyocyamus* ([4]), ont servi à définir le type embryonomique des Solanacées. Après la tétrade linéaire (*fig.* 1 à 3), apparaît le proembryon hexacellulaire (*fig.* 4), dont les 4 cellules inférieures, *d*, *f*, *m* et *ci*, dérivent du cloisonnement transversal des deux éléments *m* et *ci* de la tétrade. Par segmentation longitudinale, les 2 blastomères supérieurs *l* (ou *cc*) et *l'* (ou *cd*) se constitue un proembryon octocellulaire à 6 étages comportant, au sommet, 4 quadrants disposés en 2 dyades superposées (*fig.* 7). Aux dépens de ces quadrants prennent naissance, par cloisons méridiennes, d'abord quatre octants inférieurs (*l'*, *fig.* 8), puis les octants supérieurs (*l*, *fig.* 8 et 9). Pendant ce temps, les deux éléments *f* et *n'*, originaires de la cellule basale, se sont déjà cloisonnés transversalement, de sorte que, à la quatrième génération à partir de l'œuf, le proembryon se montre, normalement, composé de 14 cellules disposées en 8 étages. Souvent, à ce stade, de nouvelles divisions sont déjà intervenues dans les éléments les plus inférieurs du suspenseur (*fig.* 8 et 9).

Peu après, la cellule *d*, fille supérieure de *m*, se segmente longitudinalement par parois cruciales (*fig.* 10 à 13), puis transversalement, pour donner, selon les processus déjà décrits au sujet des *Nicotiana* ([4]), et souvent retrouvés ailleurs, la portion médiane de la coiffe.

Dans les octants supérieurs, *l*, aux dépens desquels se constitue la partie cotylée, les segmentations sont généralement tangentielles (*fig.* 10 à droite) séparant d'emblée le dermatogène, rarement anticlines à direction verticale ou horizontale. Il se différencie, au voisinage de l'axe, deux assises sous-épidermiques (*fig.* 12 à 19).

([2]) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 69, 1922, p. 352 et 576.

([3]) *Memoirs of the Torrey bot. Club*, 8, 1899-1902, p. 1 à 112.

([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1125 et 1279; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 69, 1922, p. 166 et 237.

Dans les octants inférieurs, *l'*, qui engendrent la partie hypocotylée, les premières cloisons sont également tangentielles (*fig.* 9, 10). Dans les quatre cellules intérieures se produisent ensuite des divisions nettement transversales (*fig.* 11 à gauche) qui isolent, vers le bas, les initiales de l'écorce de la racine, et, vers le haut, des éléments qui se cloisonnent longitudinalement donnant ainsi naissance aux premières cellules de

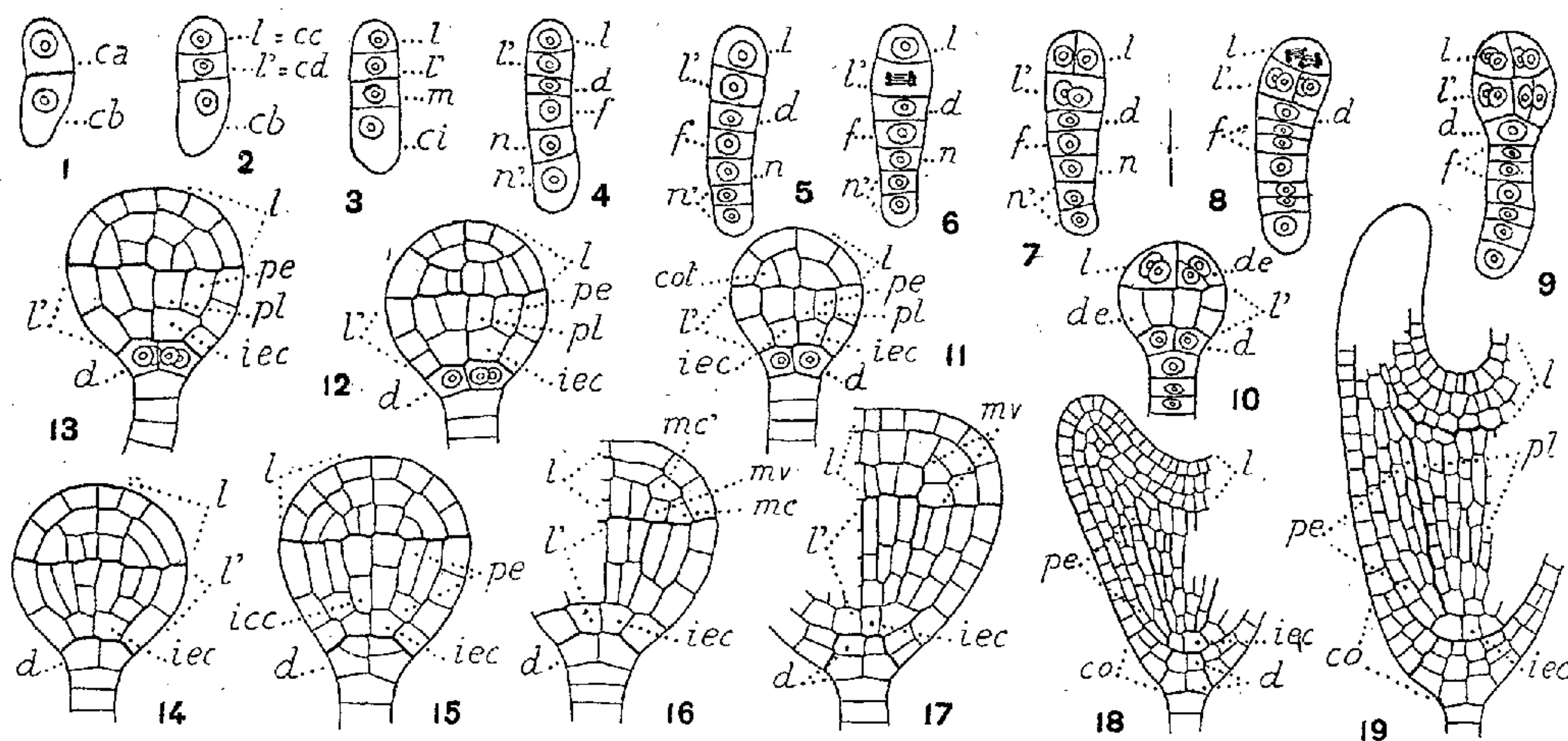


Fig. 1 à 19. — *Richardsonia pilosa* H. B. et K. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire: *l* ou *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou partie cotylée; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *d*, cellule-fille supérieure de *m* ou primordium de la coiffe; *f*, *n*, *n'*, cellules génératrices du suspenseur filamenteux; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec* et *icc*, initiales de l'écorce et de la stèle de la racine; *cot*, cellule-mère du cotylédon; *mv*, méristème vasculaire du cotylédon; *mc* et *mc'*, méristème cortical externe et interne du cotylédon; *co*, coiffe. G. = 290.

périblème à l'extérieur et de plérome à l'intérieur (*fig.* 11, 12, 13, à droite). La séparation des initiales de l'écorce de la racine se produit donc très tôt par des processus identiques à ceux qui ont été découverts chez les *Nicotiana* et schématisés, plus tard, en 1939 (*fig.* 14 B, p. 70 et *fig.* 15 B, p. 75), dans un travail d'ordre général ([5]). Les figures 13 à 17 permettent d'assister à la multiplication des cellules-mères du périblème et du plérome; elle a lieu selon des règles tout à fait comparables à celles qui ont été exposées au sujet des *Nicotiana*. C'est par segmentations transversales des premiers éléments du plérome (*fig.* 14, 15, à gauche) que s'individualisent les initiales de la stèle de la racine. Aux deux pôles végétatifs de la racine et de la tige les tissus sont nettement séparés et régulièrement disposés (*fig.* 17 à 19).

Un suspenseur, plus ou moins long et très étroit, ne comportant, en règle très générale, qu'une seule rangée de cellules sans différenciations haustoriales, se développe aux dépens des éléments *f*, *n* et *n'* du proembryon hexacellulaire (*fig.* 4). F. Fagerlind ([6]) a déjà signalé la présence d'un suspenseur de cette sorte chez d'autres Rubiacées, par exemple chez le *Putoria calabrica* et le *Leptodermis lanceolata*.

([5]) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 2e fasc.; Partie générale, Paris, 1939.

([6]) *Svensk Bot. Tidskrift*, 30, 1936, p. 362; *Acta Horti Bergiani*, 11, 1937, p. 265.

Ainsi, les formes, remarquables par la netteté de leur construction, qui, chez les *Nicotiana* et les *Hyoscyanus*, ont servi à définir le type embryonomique des Solanacées, se retrouvent chez le *Richardsonia pilosa*. Elles y relèvent des mêmes lois et nous autorisent pleinement à comprendre les Solanacées et les Rubiacées dans une même famille embryogénique. Les comparaisons entre formes aberrantes, rencontrées chez le *Sherardia arvensis* et certains *Solanum*, chez le *S. sisymbrifolium* par exemple, peuvent être reprises avec plus d'assurance; les irrégularités et les divergences, dans les deux cas, peuvent être rapportées à la direction des premières divisions dans les blastomères supérieurs, ces divisions pouvant, après la tétrade, continuer à se montrer transversales, d'abord dans les deux éléments *l* et *l'* ou dans l'un des deux seulement, ensuite dans quatre quadrants, dans deux ou uniquement l'un d'entre eux, enfin dans les octants, dans les quatre ou dans deux d'un même étage. Tous ces points de rapprochement apportent la plus éclatante confirmation à l'opinion que j'émettais déjà en 1925 (*Bull. Soc. bot. Fr.*, p. 547), relativement aux affinités phylogénétiques des Solanacées et des Rubiacées.

MYCOLOGIE. — *Les Champignons luminescents de l'Océanie.*
Note de M. **Roger Heim**.

Un Pleurote, en Australie, et six espèces (cinq Mycènes et un Pleurote) en Nouvelle-Calédonie offrent en commun une luminescence verte correspondant, à la température et dans l'atmosphère ambiantes, à un spectre continu dont les radiations s'étagent entre 5100 et 5800 Å, très proche par conséquent de la lumière émise par les lucioles, et dont la composition est probablement celle de la bioluminescence de la plupart des Basidiomycètes offrant cette propriété, notamment des Mycènes et des Pleurotes luminescents d'Asie méridionale et de l'Océanie.

Un voyage en Nouvelle-Calédonie et en Australie orientale, en 1949, m'a permis de récolter au cours d'excursions nocturnes en forêt toute une série de Macromycètes luminescents.

En Australie j'ai retrouvé abondamment les deux formes, violette et ocre, toutes deux fortement luminescentes, du *Pleurotus Lampas* Berk. et observé à l'obscurité, au moyen d'un spectroscope à vision directe, que les longueurs d'onde des radiations émises se situaient dans la région verte, entre 5100 et 5600 Å, avec un maximum apparent d'intensité vers 5300 Å.

En Nouvelle-Calédonie, six espèces d'Hyménomycètes luminescents ont été récoltées dont cinq Mycènes et un Pleurote.

Le *Mycena rorida* Fries var. *lamprospora* Corner, recueilli en forêt du Mont-Mou, est une forme luminescente et à basides tétraspores de l'espèce européenne, celle-ci non luminescente, à basides bispores et à spores plus grosses. A Corner revient le mérite d'avoir récemment signalé et décrit [1] ce

---

(1) E. J. H. Corner, *Mycol.*, 42, 1950, p. 427-431.

Mycène phosphorescent de Malaisie, du Rabaul de Ceylan, probablement du Brésil. Il s'agit donc d'une sous-espèce tropicale-eurypacifique, qui se sépare nettement du type européen par son aire, ses basides tétraspores et la luminescence bleu-verte de l'hyménium ([2]). Les spores, faiblement amyloïdes, mesurent $6{,}5\text{-}7 \times 3{,}7\text{-}4{,}4\,\mu$. Corner signale que la luminescence de cette forme est limitée à celles-ci, dont l'amas, après chute de la sporée, apparaît lumineux. J'ai observé cette bioluminescence localisée surtout à l'hyménium, mais se transmettant à travers le piléus, et nulle dans le stipe.

Le *Poromycena decipiens* van Overeem, de Java, retrouvé à Madagascar ([3]), est un Mycène proche des *M. pura* et *pseudopura* d'Europe, et à hyménium entièrement alvéolé par suite de l'existence de nombreuses veines interlamellaires d'anastomose. J'ai noté en Nouvelle-Calédonie sa luminescence, plus faible dans le chapeau où il est probable que cet éclat reflète celui de l'hyménium, assez vif, tandis qu'elle se montre nulle dans le pied.

Le *Poromycena manipularis* (Berk.) Heim, trouvé également en compagnie de M. L. Garrigou dans la forêt du Mont-Mou, était conforme à la description prise sur mes récoltes de Madagascar et de Côte d'Ivoire ([3]). Cette espèce est identique au *Laschia caespitosa* Berk. et au prétendu *Polyporus mycenoides* décrit sous ce dernier nom par Patouillard ([4]), recueilli par Balansa en mars 1869 à Bourail (Nouvelle-Calédonie), et il est à noter que ce premier collecteur avait bien précisé : « champignon phosphorescent ». Le nôtre l'était entièrement ([5]).

La quatrième espèce de Mycène, à luminescence vert émeraude, de Nouvelle-Calédonie encore, recueillie abondamment fin mars, à Bourail sur bambou, et sur vieux bois dans la forêt du Mont-Mou, trouvée précédemment à la Roche Maré (janvier 1946) par R. Virot, doit être identifiée au *Mycena illuminans* P. Henn. (= *Pleurotus lampyrinus* Pat.), fort commun à Buitenzorg (Java) d'après Volkens ([6]) qui signale l'intensité de la lumière émise. Espèce de taille petite (chapeau de diamètre $\leq$ 30 mm), elle offre un chapeau visqueux, profondément sillonné-alvéolé, brun olive

---

([2]) Il est à signaler qu'une troisième forme, nord-américaine celle-ci, de cette même espèce *rorida*, possède à la fois des basides à deux et à quatre stérigmates, et des basidiospores dont les dimensions sont intermédiaires entre celles des deux formes européenne et pacifique.

([3]) R. Heim, *Rev. de Mycol.*, **10**, 1945, p. 3-61.

([4]) *Bull. Soc. Mycol. Fr.*, **3**, 1887, p. 69.

([5]) J'ai déjà montré que l'hyménium du *Por. manipularis* correspondait à un stade très perfectionné du dispositif alvéolé, marquant une nouvelle étape vers le type « idéalement poré » offert par le *Mycenoporella clypeata* (Pat.) Heim.

([6]) P. Hennings, *Hedwigia*, **42**, 1903, p. 309.

sur fond crème suborangé, plus foncé autour du disque, un pied blanc, glabre sauf au sommet marqué par des lignes longitudinales de granulations blanches, et à bulbe marginé-discoïde, des lamelles longuement adnées-subdécurrentes ou au moins adnexées en pointe, et à anastomoses interlamellaires, très pâles, blanc glauque ou blanc carné (K 123 C), sinueuses et finement fimbriées sur l'arête, des spores faiblement amyloïdes, de 7,2-8,3 × 5-5,8 μ, et des cystides hyméniales appendiculées, très émergentes. Le chapeau est entièrement luminescent, le pied non. La chair, pelliculaire dans le chapeau, offre une fine odeur de levain.

L'analyse de la lumière émise par cette dernière espèce a mis en évidence un spectre s'étalant de 5100 à 5 600 Å pour certains échantillons (avec maximum vers 5 250 Å), de 5 200 à 5 800 Å pour d'autres, résultat conforme aux mesures obtenues autrefois sur d'autres Hyménomycètes luminescents par F. Ludwig (7) et par H. Molish (8).

Une forme entièrement blanche et très petite d'un Mycène que je rattache à la précédente espèce, recueilli aussi sur bois dans la forêt du Mont-Mou, a révélé à l'obscurité une luminosité comparable de la chair et surtout de l'hyménium, même également du pied, rayonnement correspondant à un spectre continu qui va de 5100 à 5 700 Å avec un maximum apparent d'intensité pour 5 350 Å.

Il est remarquable que ces cinq espèces de Mycènes, qui toutes émettent une lumière verte, offrent d'autre part en commun des anastomoses interlamellaires. Ces Champignons s'ajoutent en tout cas à deux Mycènes européens qui semblent également producteurs de lumière : *Mycena tintinnabulum* Fr. et *parabolica* Fr. (9).

La sixième espèce est un Pleurote blanchâtre, lignatile, dimidié, de petite taille, flabelliforme, à stipe bref et trapu, à lamelles serrées et glauque verdâtre, à spores longuement amygdaliformes, de 4,8-5,6 × 2,3-2,6 μ, à hyphes bouclées, nombreux laticifères et cystides piriformes, basides cylindracées tétraspores, recueilli sur la route de Hienghène à Poindimié, et dont la lueur verte, très vive, émanait de toute la chair : hyménium, piléus et pied. Il n'est pas éloigné du *Pleurotus Lux* que P. Hariot (10) a reçu de Tahiti et de Borabora où G. Brunaud a recueilli des exemplaires, émettant « une vive lueur analogue à celle que produisent les lucioles », et que « les indigènes introduisent dans une fleur qu'ils placent dans leurs cheveux ». Je rapprocherai notre Pleurote de celui qu'a signalé autrefois

(7) *Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie*, **1**, 1884, p. 181-190.

(8) *Leuchtende Pflanzen*, Iena, 1904, p. 28.

(9) Fr. Rothe, *Ber. d. deutsch. Botan. Gesellsch.*, **48**, 1930, p. 394-399.

(10) *J. Botan.*, 6, nº **21**, 1892, p. 412.

de Nouvelle-Calédonie l'explorateur Jules Garnier ([11]) qui, au cours d'une « orgie bestiale consacrée au retour périodique des récoltes », à Kanala, dans la nuit obscure qui enveloppait les mouvements des danseurs canaques, vit « çà et là briller sur la tête des jeunes filles et dans leur chevelure une sorte de fleur phosphorescente, qui n'était autre chose qu'un petit champignon du genre agaric ».

Notre Pleurote de Poindimié est encore voisin, quoique distinct, du *Pleurotus Stella* Patouillard, champignon néo-calédonien bien plus grand, « à spores de 5-3,5 μ », que cet auteur ([12]) a décrit de Hienghène également; il est proche aussi du Pleurote blanc, conchoïde, pleuropode, à spores cylindroïdes de 6-6,6 × 3,1-3,5 μ, recueilli sur arbre mort, à M'Ngoï, dans la province de Luang Prabang (Laos), en avril 1932, par Poilane qui l'avait rencontré lors d'une fête laotienne, brillant d'une vive lueur dans les cheveux, les oreilles et les mains de nombreuses jeunes filles.

S. R. Bose a signalé de son côté du Burma méridional un Pleurote pédicellé, de couleur claire, à hyménium blanc, à spores ovoïdes « de 4-5 × 2-3 μ », qui me paraît très proche du *Pl. Prometheus* Berk. ([13]). Cet auteur signale que les raies émises par le rayonnement de cette espèce luminescente sont situées surtout dans la région verte, entre 5 400 et 5 500 Å, nombres qui coïncident encore avec les miens.

M. **Henri Villat** dépose sur le Bureau de l'Académie une *Notice* sur la vie et les travaux de Jules Drach qui sera imprimée dans le Recueil des *Notices et Discours*.

M. **Charles Dufraisse** présente à l'Académie les deux premiers volumes d'une collection dont il a écrit la *Préface* et qui est intitulée : *Substances naturelles de synthèse*. Cette collection est publiée sous la direction de M. Léon Velluz. Dans chaque volume un premier chapitre est consacré aux descriptions détaillées des préparations d'une série de corps ayant un grand intérêt biologique, un deuxième traite d'une manière approfondie quelques méthodes générales et enfin un troisième est réservé à des Notes pratiques.

M. **Roger Heim** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage sur *Les théories de l'évolution*, de M. Paul Ostoya, et d'un *Traité de Lichenologie*, de M. Henry des Abbayes, dont il a écrit les *Préfaces*.

([11]) Garnier, *Voyage autour du monde. Océanie*. Paris, Plon édit., 1871, p. 140.
([12]) *Bull. Soc. Mycol. Fr.*, 31, 1915. p. 33.
([13]) *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 19, 1934, p. 97.

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. Gabriel Bertrand : Désiré Leroux. *Engrais, Amendements, Produits pour la protection des cultures. Étude et analyse;*

par M. Auguste Chevalier : *Flore de Madagascar et des Comores (Plantes vasculaires).* 153e famille. *Mélastomatacées,* par Henri Perrier de La Bâthie.

DÉSIGNATIONS.

MM. Abragam et d'Espagnat, sont adjoints à la délégation française à l'Assemblée générale de l'Union internationale de Physique pure et appliquée.

CORRESPONDANCE.

M. Irving Langmuir, élu Correspondant pour les divisions des Membres libres et des applications de la science à l'industrie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Lights in Nassau Hall. A book of the bicentennial. Princeton,* 1746-1946, by Charles G. Osgood.

2° The Wilhelm Reich Foundation. *The Orgone energy accumulator. Its scientific and medical Use.*

3° *Atlas für angewandte Steinkohlenpetrographie,* herausgegeben von der Deutschen Kohlenbergbau-Leitung in Verbinding mit dem Amt für Bodenforschung.

Il signale également les Ouvrages polycopiés suivants :

Documentation mathématique. Textes publiés sous la direction de Paul Belgodère. Fascicules 1, 2, 4, 6, 7, 9, 14.

ALGÈBRE. — *Sur certains types de modules.*

Note (*) de M. **Paul Jaffard**, présentée par M. Henri Villat.

A étant un anneau quelconque, nous rappelons qu'un A-module à droite M est dit irréductible (ou simple) s'il n'admet pas de vrai sous-module différent de $\{o\}$. Il est dit complétement réductible s'il est somme directe de sous-modules irréductibles.

Nous dirons que le A-module M est *équivalent* à l'espace vectoriel E à droite sur le corps K s'il existe un homomorphisme d'anneau φ de A sur K et une application biunivoque f de M sur E telle que pour $a \in A$; $x, y \in M$

$$f(x-y) = f(x) - f(y) \quad \text{et} \quad f(xa) = f(x)\varphi(a).$$

A sera dit opérer trivialement sur M si $MA = \{o\}$.

$(M_\iota)_{\iota\in I}$ étant un ensemble de A-modules irréductibles, nous désignerons par $\sum_{\iota\in I} M_\iota$ leur somme directe et par $\prod_{\iota\in I} M_\iota$ leur produit direct.

Nous désignerons par J le sous-ensemble de I ainsi défini : $\iota \in J$ si et si seulement A n'opère pas trivialement sur M_ι.

Théorème 1. — *Soit un* A-*module* M *tel que* $\sum_{\iota\in I} M_\iota \subset M \subset \prod_{\iota\in I} M_\iota$ *où tous les* M_ι *sont des* A-*modules irréductibles, différents de* $\{o\}$, *et tel que pour tout* $x \in M$, xA *soit un module irréductible. Seuls les trois cas suivants sont possibles :*

1. A *opère trivialement sur* M ;
2. J *ne contient qu'un élément ;*
3. *L'annihilateur* B *de* M *est tel que* A/B *soit un corps et tous les* $M_\iota(\iota \in I)$ *sont des* A-*modules isomorphes au* A-*module à droite* A/B.

Lemme 1. — *S'il existe un* A-*module* M *irréductible tel que* $M \ni x \neq o$ *et* $xa = o (a \in A)$ *entraînent* $a = o$, A *est un corps.*

Le lemme est trivialement vrai si $A = \{o\}$. Supposons donc qu'il n'en soit pas ainsi et soit x un élément de M différent de o. Comme $A \ni a \neq o$, $xA \ni xa \neq o$ et xA étant un sous-module de M différent de $\{o\}$, on a $xA = M$. L'application $a \to xa$ est donc un homomorphisme (de A-module à droite) de A sur M. Par hypothèse son noyau est nul et M est donc isomorphe à A. Il en résulte en particulier que $A^2 \neq \{o\}$ et que A n'admet pas d'idéal à droite autre que $\{o\}$ et A. Par suite [1] A est un corps.

Démontrons maintenant le théorème. Dans tout ce qui suit, si $x \in M$, nous désignerons par x_ι la composante de x suivant ι $(\iota \in I)$.

(*) Séance du 25 juin 1951.

[1] Bourbaki, *Algèbre*, Chap. I, § 9, Exercice 3.

Les cas 1 et 2 sont compatibles avec les hypothèses. Supposons donc que l'on ne soit pas dans ces deux cas et montrons qu'on est alors dans le cas 3 :

Pour tout $\iota \in I$, $M_\iota A \neq \{o\}$ entraîne $M_\iota A = M_\iota$. Soient α et β deux éléments distincts contenus dans J. Soient x_α et x_β tels que $M_\alpha \ni x_\alpha \neq o$ et $M_\beta \ni x_\beta \neq o$. Soit $x = x_\alpha + x_\beta \in M$. Comme $M_\alpha A = M_\alpha$ est irréductible, on a $x_\alpha A = M_\alpha$. De même $x_\beta A = M_\beta$.

On voit que si $y \in xA$, $y_\alpha = o \Leftrightarrow y = o$. En effet l'ensemble des éléments y de xM tels que $y_\alpha = o$ forme un sous-module de xM; ce sous-module ne peut être égal à xM puisque $x_\alpha M = M_\alpha \neq \{o\}$, xM étant irréductible, il en résulte que ce sous-module est nul et par suite $y_\alpha = o \Leftrightarrow y = o$. De même $y_\beta = o \Leftrightarrow y = o$.

Donc l'ensemble B des annihilateurs de x_α est confondu avec l'ensemble des annihilateurs de x_β. Et comme x_β a été pris quelconque (non nul) dans M, il en résulte (c'est ici qu'intervient l'hypothèse que J contient au moins deux éléments) que si y_α est un autre élément non nul de M_α, l'ensemble des annihilateurs de y_α est encore B. B est par suite l'annihilateur du module M. B est donc un idéal bilatère et M peut être considéré comme un A/B-module. De plus cet A/B module vérifie les conditions du lemme 1, ce qui montre que A/B est un corps. La démonstration du lemme 1 montre encore que cet A/B-module est isomorphe à A/B (considéré comme module à droite sur lui-même). M_α est isomorphe au A-module A/B. Il en résulte bien que tous les $M_\iota (\iota \in I)$ sont isomorphes. Le théorème est complètement démontré et l'on voit de plus que $\sum_{\iota \in J} M_\iota$ est équivalent à l'espace vectoriel $(A/B)^{(J)}$.

Corollaire I. — *Un* A-*module* M *tel que* MA = M *et tel que pour tout* $x \in M$, xA *soit irréductible est équivalent à un espace vectoriel ou irréductible.*

M étant alors somme des modules irréductibles xA $(x \in M)$ est somme directe de modules irréductibles. On a ici J = I.

Théorème 2. — *Soit un* A-*module* M *tel que pour tout élément* x *de* M *le module* $\tilde{x}$ *engendré par* x *soit irréductible. Seuls les trois cas suivants sont possibles :*

1. A *opère trivialement sur* M *et il existe un nombre premier* p *tel que* M *soit somme directe de groupes cycliques d'ordre* p.

2. M *est irréductible.*

3. M *est équivalent à un espace vectoriel.*

Comme M est somme des modules irréductibles $\tilde{x} (x \in M)$, il est somme directe de modules irréductibles et M vérifie les hypothèses du théorème 1. Soit donc $M = \sum_{\iota \in I} M_\iota$. Ici $J = \emptyset$ ou $J = I$. En effet, si $\alpha \in J$ et si $\alpha \neq \beta$, soient $M_\alpha \ni x_\alpha \neq o$, $M_\beta \ni x_\beta \neq o$. Posons $x = x_\alpha + x_\beta$. Comme $\tilde{x}$ est irréductible, $x_\alpha a = o \Leftrightarrow x_\beta a = o$, donc $\beta \in J$.

Examinons les trois cas du théorème 1 :

1. $J = \emptyset$. M_α est un groupe abélien irréductible, donc un groupe cyclique

d'ordre premier p. Soit $\beta \neq \alpha$. Si $M_\beta \ni x_\beta \neq 0$, $M_\alpha \ni x_\alpha \neq 0$, $x = x_\alpha + x_\beta$, comme $\tilde{x}$ est irréductible, $px_\alpha = 0 \to px_\beta = 0$ et M_β est aussi un groupe cyclique d'ordre p.

2. $J = \emptyset$. Donc $J = I$ qui ne contient qu'un élément et M est irréductible.

3. $J = I$ et, d'après le théorème 1, M est équivalent à un espace vectoriel.

Corollaire 1. — *Soit* A *un anneau d'endomorphismes du groupe abélien* G *tel que pour tout* $x \in G$, $\tilde{x}$ *soit un* A-*module irréductible sans que* G *soit lui-même irréductible. Alors* A *est un corps.*

On est en effet dans le cas 3 du théorème 2.

Corollaire 2. — *Pour qu'un* A-*module* M *soit équivalent à un espace vectoriel, il faut et il suffit que les trois conditions suivantes soient réalisées :*

1. A *n'opère pas trivialement sur* M *si* $M \neq \{0\}$.
2. *Pour tout* $x \in M$, *le sous-module* $\tilde{x}$ *engendré par* x *est irréductible.*
3. *Ou* M *n'est pas irréductible, ou l'annihilateur de tout élément* x *de* M *se confond avec l'annihilateur de* M *tout entier.*

La nécessité résulte des définitions, la suffisance, du théorème 2.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Propriétés des images géométriques des idéaux de polynomes.* Note (*) de M. **Francesco Severi**, transmise par M. Gaston Julia.

En poursuivant la Note précédente (1) je nomme *comparables* deux comportements effectifs (C. E.) c, c' sur W, lorsque entre les i, i' associés à une même γ quelconque, on a toujours $i \geqq i'$ ou bien $i \leqq i'$. Si pour quelque γ on a $i > i'$, on dit que c *contient* c', $c \supset c'$; et alors $c' \subset c$. Si l'on a toujours $i = i'$, il résulte $c = c'$. Lorsque $c \supset c'$, on écrit aussi $(W, c) \supset (W, c')$.

La *somme* $(W, c) + (W', c')$ de deux variétés base quelconque est l'image de l'intersection $\mathfrak{I}(W, c) \cup \mathfrak{I}(W', \mathfrak{I}c')$ des idéaux complets associés. L'*intersection* $(W, c) \cup (W', c')$ est l'image de la somme $\mathfrak{I}(W, c) + \mathfrak{I}(W', c')$.

Le C. E. de la somme de deux variétés base (W, c), (W, c') relatives à la même W, donne la somme $c + c'$ (si $c' \supseteq c$ on a $c + c' = c'$); l'intersection de (W, c), (W, c') donne le produit cc' (si $c' \supseteq c$ on a $cc' = c$). Si c, c' ne sont pas comparables on ne peut rien dire de $c + c'$, cc'.

Le C. E. c détermine un comportement effectif *subordonné* (c, P) dans un point P de W. Les C. E. (c, P), (c, P') relatifs à deux points P, P′ de W sont *égaux* lorsqu'il existe une transformation pseudoconforme birégulière du domaine de P sur l'espace S_r de W dans le domaine de P′, qui change le domaine de P sur W dans le domaine P′ sur W, de sorte que les nombres i, i' associés à deux branches correspondantes, ayant les origines P, P′, soient

(*) Séance du 25 juin 1951.

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2395.

égaux. On trouve alors que le (c, P) relatif à un point P variable sur la composante irréductible V, est constante, sauf, éventuellement, les points d'une sous-variété algébrique de V. Chaque composante irréductible de cette sous-variété particulière est une *variété base plongée*, qui peut contenir à son tour d'autres sous-variétés plongées, etc. (il s'agit là des « embedded primary module » de Macaulay). Si V ne contient pas des variétés plongées, elle est *isolée*.

Parmi les C. E. c qui subordonnent sur le point générique P de toute composante irréductible de W les mêmes (c, P), il existe un C. E. minimum $\bar{c}$. La variété $(W, \bar{c})$ est contenue dans toute (W, c). Elle est complètement définie étant donné $(\bar{c}, P) = (c, P)$ sur tout point générique P_r; les C. E. dans des points particuliers des composantes de W ne dépendent pas de notre volonté : ils sont des conséquences nécessaires des $(\bar{c}, P)$ (tandis que par rapport à un c, ce qui se passe dans des points particuliers peut dépendre de notre volonté). Par exemple, les surfaces qui passent par une courbe gauche irréductible C, ont un comportement particulier dans un nœud de C; mais cela ne dépend nullement de nous. La variété $(W, \bar{c})$ peut donc être envisagée comme *virtuellement dépourvue de variétés plongées,* même si effectivement elle en possède.

Une variété base est *irréductible* si elle ne peut pas se décomposer dans la somme de deux variétés base. Une telle variété dérive nécessairement d'une variété simple irréductible V et l'idéal attaché est lui-même irréductible (et par conséquent primaire). On ne doit pas croire qu'une variété base attachée à une V irréductible soit nécessairement irréductible. Elle peut bien être somme de deux variétés (V, c), (V, c') avec c' non comparable avec c. Par exemple, l'idéal (primaire) des courbes planes ayant un point double O, est la somme de deux idéaux (primaires irréductibles) constitués des courbes qui ont en O deux tangentes distinctes.

Le théorème bien connu de Lasker-E. Nœther, appliqué aux variétés base, nous dit que *toute variété base (W, c) peut se décomposer dans une somme d'un nombre fini de variétés base irréductibles (éventuellement plongées ou vides) telles que dans la décomposition, il n'y a jamais des variétés se rapportant à la même composante irréductible de* W.

A chaque composante irréductible $(V, \bar{c})$ de (W, c) est associé un nombre entier : la longueur μ de l'idéal irréductible $\mathfrak{I}(V, \bar{c})$. On trouve aisément que $\nu \geqq \mu$, ν étant la multiplicité de V, en tant qu'interférence des formes de $\mathfrak{I}(V, \bar{c})$. La longueur μ n'a jamais le caractère infinitésimal d'une multiplicité d'intersection, car on ne peut jamais calculer μ en cherchant à obtenir $\mathfrak{I}(V, \bar{c})$ comme la limite d'une somme d'idéaux premiers. Il n'est donc pas surprenant que le théorème général de Bézout (et par conséquent la

conservation du nombre) tombe (comme M. Gröbner même l'a remarqué) en substituant à ν la longueur μ. Les caractères μ sont d'un autre côté très utiles dans des questions de postulation. On peut ajouter qu'il y a plusieurs manières d'obtenir une variété multiple νV (V irréductible, ν entier donné) en tant qu'intersection, tandis qu'une variété base (V, c) est déterminée d'une façon unique par son symbole. Une variété base irréductible (V, c) est dite *simple* si le C. E. (c, P) dans son point générique P est déterminé par le couple (γ, 1), γ étant une branche linéaire non tangente en P à V. C'est la condition même de simple passage d'une forme $\varphi = 0$ de $\mathcal{J}(V, c)$ par V. Comme la condition est définie seulement par le C. E. dans un point générique, la variété naît dépourvue virtuellement de variétés plongées. (Elle en est effectivement dépourvue si elle n'est pas singulière.) Les variétés simples sont les images des idéaux premiers. Le C. E. sur une variété simple peut être indiqué avec le symbole $c = 1$. C'est le C. E. minimum de tout C. E. sur V.

Si pour une variété base quelconque irréductible (V, c) l'un des deux nombres μ, ν est égal à 1, l'autre l'est aussi.

L'ensemble des nombres i définissant un C. E. c sur W, est illimité. Est-ce toujours possible de définir c par un nombre fini de classes particulières de branches γ à condition qu'aux γ d'une classe corresponde un même i, comme on peut le faire lorsque pour une (V, c) est $\nu = 1, 2$? La question est étroitement liée à la résolution des singularités condensées autour de W, comme le fait présager la formule (de Noether) $i = s_1 t_1 + s_2 t_2 + \ldots$ donnant la M. I. d'une forme $\varphi = 0$ avec une γ dans l'origine P, où $s_1, s_2, \ldots; t_1, t_2, \ldots$ sont les multiplicités respectives de γ et de $\varphi = 0$ dans le domaine de P. De toute manière on ne peut pas fixer *a priori* une limite pour l'ordre des branches γ, car on sait qu'il y a des successions de points multiples qui n'existent que sur des branches d'ordre convenablement élevé.

Je traiterai ailleurs les questions, liées aux précédentes, relatives aux postulations.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la courbure et la torsion des variétés presque hermitiennes* (1). Note de Mlle **Paulette Libermann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On définit une courbure et une torsion conformes ainsi qu'un scalaire de courbure et un scalaire de torsion. Détermination des structures à courbure et torsion scalaires constantes.

Soit V_{2n} une variété réelle, trois fois différentiable, de dimension $2n > 2$ sur laquelle est définie une structure presque hermitienne. On associe à la

(1) Cette Note fait suite à une Note antérieure désignée par (I) (Ch. Ehresmann et P. Libermann, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1281).

forme d'Hermite $ds^2 = \Sigma\omega_j\bar{\omega}_j$, la forme différentielle extérieure $\Omega = i\Sigma\,\omega_j \wedge \bar{\omega}_j$.

1. Introduisons une courbure et une torsion conformes respectivement invariante ou multipliée par un scalaire lorsqu'on multiplie la forme d'Hermite par une fonction scalaire ρ. Pour multiplier la métrique par une telle fonction, il suffit d'effectuer sur les ω_j, la transformation $\varpi_j = \lambda\omega_j$, où λ, réel, vérifie la relation $\lambda^2 = \rho$. En posant $d\lambda/\lambda = \theta + \bar{\theta}$ (où θ est une forme linéaire en $\omega_1, \ldots, \omega_n$), on a $d\varpi_j = \Sigma\varpi_k \wedge \varpi_{kj} + \Omega'_j + \Gamma'_j$, avec $\varpi_{kj} + \bar{\varpi}_{jk} = 0$, où

$$\varpi_{jk} = \omega_{jk} + \delta_{jk}(\theta - \bar{\theta}), \qquad \Omega'_j = \lambda(\Omega_j + 2\theta \wedge \omega_j), \qquad \Gamma'_j = \lambda\Gamma_j.$$

Pour la courbure, on obtient $\Omega'_{jk} = \Omega_{jk} + 2\delta_{jk}d\theta$.

Par suite nous définirons la courbure et la première torsion conformes par

$$\Pi_{jk} = \Omega_{jk} - \delta_{jk}\frac{\Sigma\Omega_{ll}}{n}, \qquad \Pi_j = \Omega_j - \frac{\varphi \wedge \omega_j}{n-1},$$

où W étant le bivecteur dual de Ω, $\varphi = W \rfloor \Sigma\Omega_j \wedge \bar{\omega}_j$. Par définition la deuxième torsion conforme est identique à la deuxième torsion ([2]).

Étant donné une structure hermitienne, pour qu'il existe des coordonnées locales $z_1, \ldots, z_n$, telles que $ds^2 = \rho(z_1, \ldots, z_n)(dz_1 d\bar{z}_1 + \ldots + dz_n d\bar{z}_n)$, *il faut et, si $n > 2$, il suffit que la courbure et la torsion conformes soient nulles.* En effet si $\Pi_{jk} = 0$ et si $\Pi_j = 0$, on a $\Omega_j = \varphi \wedge \omega_j/(n-1)$ et si $n > 2$, d'après I(2), on a $\Omega_{jj} = d\varphi/(n-1)$, d'où $d\varphi + d\bar{\varphi} = 0$. Il existe alors une fonction λ telle que localement $d\lambda/\lambda = (\varphi + \bar{\varphi})/2(n-1)$; si l'on divise les ω_j par λ, on obtient pour la nouvelle métrique $\Omega'_j = 0$, $\Omega'_{jk} = 0$. Si $n = 2$, $\Pi_j = 0$ identiquement mais il faut imposer, outre la condition $\Pi_{jk} = 0$, la condition $d\varphi + d\bar{\varphi} = 0$, pour que $ds^2 = \rho\Sigma\, dz_j d\bar{z}_j$. Si la structure est kählérienne et possède une telle métrique, on a, pour $n \geq 2$, la structure d'espace linéaire ([3]) car, alors, $\varphi = 0$; on en déduit $\Omega_{kj} = 0$.

2. Dans l'espace tangent R_x^{2n} au point x de V_{2n}, soit un élément plan réel déterminé par les vecteurs de composantes $\xi_1, \ldots, \xi_n; \eta_1, \ldots, \eta_n$; on définit la courbure scalaire dans cet élément plan par ([4])

$$K = \frac{\Sigma[R_{jklm}(\bar{\xi}_l\eta_m - \xi_m\bar{\eta}_l) + \Pi_{jklm}(\xi_l\eta_m - \xi_m\eta_l) - \bar{\Pi}_{kjlm}(\bar{\xi}_l\bar{\eta}_m - \bar{\xi}_m\bar{\eta}_l)](\xi_j\bar{\eta}_k - \bar{\xi}_k\eta_j)}{\Sigma(\bar{\xi}_j\eta_k - \xi_k\bar{\eta}_j)(\xi_j\bar{\eta}_k - \bar{\xi}_k\eta_j) + \Sigma(\xi_j\eta_k - \xi_k\eta_j)(\bar{\xi}_j\bar{\eta}_k - \bar{\xi}_k\bar{\eta}_j)}.$$

Théorème 1. — *Si en chaque point $x \in V_{2n}$, le scalaire de courbure est indépendant de l'élément plan réel passant par ce point, ce scalaire est nul.*

([2]) $\Sigma(\Pi_j + \Gamma_j)\bar{\omega}_j - \Sigma(\bar{\Pi}_j + \bar{\Gamma}_j)\omega_j = d\Omega - \delta\Omega \wedge \Omega/n - 1 =$ « deuxième tenseur conforme de courbure » défini par H. C. Lee (*Amer. J. Math.*, 55, 1943, p. 433-438). L'opérateur δ est défini dans : *Comptes rendus*, 229, p. 697.

([3]) Ce résultat a été démontré par Bochner (*Ann. Math.*, 49, 1948, p. 379-390).

([4]) Bochner, *Bull. Amer. Soc.*, 53, 1946, p. 179-195.

Cette condition entraîne en effet

$$R_{jkjk}+R_{kjkj}=4K,\qquad R_{jkjk}+R_{kjkj}+R_{jjkk}+R_{kkjj}=-K,\qquad R_{kkjj}+R_{jjkk}=-2K,$$

d'où $K=0$ et par suite

$$(1)\qquad R_{jklm}+R_{mlkj}=0\qquad H_{jklm}+H_{mklj}=0,\qquad H_{jklm}+H_{lkjm}=0.$$

La condition $K=0$ *n'implique pas nécessairement que le tenseur de courbure est nul.* Nous ferons sur la structure des hypothèses supplémentaires permettant de conclure que ce tenseur est nul.

Supposons d'abord la structure kählerienne; dans ce cas $R_{jklm}=R_{mlkj}$ et si $K=0$, $R_{jklm}=0$ [4]. *Si la structure est hermitienne et telle que* $ds^2=\rho(dz_1\,d\bar{z}_1+\ldots+dz_n\,d\bar{z}_n)$ *et si* $K=0$, *on a d'après* (1) $R_{jklm}=0$.

Si la première torsion est nulle, on a [5] $H_{jklm}+H_{lkmj}+H_{mkjl}=0$, et si $K=0$, $H_{jklm}=0$ d'après (1). Donc si l'une des torsions est nulle et $K=0$, $\Omega_{jk}=\Sigma R_{jklm}\bar{\omega}_l\wedge\omega_m$, d'où en raison de (1), $\Sigma\Omega_{jk}\wedge\omega_j\wedge\bar{\omega}_k=0$ et d'après I(2),

$$(2)\qquad \Sigma\, d(\bar{\omega}_k\wedge\Omega_k)-\Sigma\bar{\Omega}_k\wedge\Omega_k=0\qquad\text{ou}\qquad \Sigma\, d(\bar{\omega}_k\wedge\Gamma_k)-\Sigma\bar{\Gamma}_k\wedge\Gamma_k=0.$$

En particulier si $d\Omega=0$, on a $\Omega_j=0$ et $\Sigma\bar{\omega}_k\wedge\Gamma_k=0$; si de plus $K=0$, on a en raison de (2) $\Sigma\bar{\Gamma}_k\wedge\Gamma_k=0$, d'où $\Gamma_k=0$. Donc

THÉORÈME 2. — *Les structures presque kähleriennes à courbure scalaire nulle sont localement équivalentes à la structure d'espace linéaire.*

3. On peut dans un élément plan complexe de R^{2n}_x définir un scalaire de torsion par

$$T=\frac{\Sigma[A_{klj}(\xi_k\eta_l-\xi_l\eta_k)+B_{klj}(\xi_k\bar{\eta}_l-\xi_l\bar{\eta}_k)][\bar{A}_{hsj}(\bar{\xi}_h\bar{\eta}_s-\bar{\xi}_s\bar{\eta}_h)+\bar{B}_{hsj}(\xi_h\eta_s-\xi_s\eta_h)]}{\Sigma(\xi_k\eta_l-\xi_l\eta_k)(\bar{\xi}_k\bar{\eta}_l-\bar{\xi}_l\bar{\eta}_k)}.$$

Pour $n>2$, on peut chercher les structures pour lesquelles le scalaire de torsion est indépendant de l'élément plan complexe passant par chaque point de V_{2n}. Si l'une des torsions est nulle, on démontre que

$$\Sigma\Omega_j\wedge\bar{\Omega}_j=-iT\frac{\Omega^2}{2}\qquad\text{ou}\qquad\Sigma\Gamma_j\wedge\bar{\Gamma}_j=-iT\frac{\Omega^2}{2}.$$

THÉORÈME 3. — *Supposons qu'une des torsions soit nulle et qu'en chaque point* x *de* V_{2n} *le scalaire de courbure et le scalaire de torsion soient respectivement indépendants de l'élément plan réel et de l'élément plan complexe passant par* x*; la structure est alors localement équivalente à la structure d'espace linéaire ou bien à une structure hermitienne sur la variété du groupe des rotations complexes à trois paramètres.*

On a $d(T\Omega^2)=0$, où $T=$ constante réelle; d'où pour $n>3$, $d\Omega=0$. Si $n=3$, on a aussi $d\omega_1=T\omega_2\wedge\omega_3$, $d\omega_2=T\omega_3\wedge\omega_1$, $d\omega_3=T\omega_1\wedge\omega_2$.

[5] Si la deuxième torsion est nulle, on a $H_{jklm}=0$, mais contrairement à ce qui est affirmé dans I, il n'en est pas toujours ainsi si la première torsion est nulle.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Analogie entre la rupture du méthacrylate de méthyle et celle des métaux par fatigue.* Note (*) de M. **Félix Zandman**, présentée par M. Joseph Pérès.

La Note actuelle étudie la naissance et la propagation de la rupture dans les éprouvettes du méthacrylate de méthyle soumises à des contraintes élémentaires (traction simple, flexion, cisaillement, etc.).

A cet effet, nous avons suivi par la photoélasticimétrie la répartition des contraintes dans l'éprouvette jusqu'à l'instant de la rupture. La région de cassure a été ensuite soumise à un examen micrographique.

On constate que :

1° La cassure dans un plan parallèle à celui des forces correspond à une ligne isostatique de deuxième espèce.

2° Dans la section rompue il existe toujours à l'endroit où a commencé la rupture, un foyer lisse d'où partent des rayons orthogonaux à une famille de courbes N, parfaitement marquées.

Il semble donc que la rupture s'effectue par à-coups dont chacun correspond à l'intervalle entre deux des courbes N précédentes. Celles-ci marquent pour ainsi dire les étapes successives dans la progression de la rupture à partir du foyer.

L'examen de la cassure permet aussi de déterminer la nature fondamentale de la contrainte disruptive dans chacune des étapes qui transmettent la cassure.

Par exemple : dans le cas d'une poutre posée sur deux appuis et chargée au centre, on observe toujours une cassure en V aisée à expliquer.

La rupture suit d'abord une isostatique S_1 déterminée par la méthode des isoclines; quand elle dépasse la ligne neutre primitive, la répartition des efforts se trouve alors complètement renversée, la rupture continue suivant une nouvelle ligne correspondant à une isostatique S_2 dans la nouvelle distribution des contraintes. La rupture s'achève par un cisaillement au point d'application de la charge.

A chacun de ces stades correspond une nouvelle amorce de la rupture caractérisée par une petite région lisse.

Dans le cas de la traction simple le foyer est représenté par une région parfaitement lisse et sensiblement circulaire d'où divergent des rayons formés par des régions allongées de structure pseudo-cristalline. Ces régions forment un réseau orthogonal à nervures qui semblent entourer le foyer.

Les phénomènes observés sur les éprouvettes du méthacrylate de

(*) Séance du 25 juin 1951.

méthyle soumis à des contraintes statiques s'apparentent à ceux observés lors de la cassure des éprouvettes en acier soumises à des efforts alternés.

La zone à nervures correspond à l'arrachement provoqué par la rupture finale. On arrive à éloigner cette zone du foyer ou à la faire disparaître presque complètement, en faisant un chargement infiniment lent, ou en attendant que la matière soit en équilibre avec les forces extérieures, avant une nouvelle surcharge de l'éprouvette. Dans le cas des métaux, la grandeur de la zone nervurée correspond aux limites du cycle parcouru par l'éprouvette, et au nombre d'arrêts entre des essais successifs.

Les aspects des cassures par traction, compression, flexion, etc. se correspondent dans les deux cas.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'entretien des oscillations des eaux portuaires sous l'action de la haute-mer.* Note de M. **John S. Mc Nown**, présentée par M. Henri Villat.

Nous nous proposons : 1° d'expliciter les calculs de notre Note précédente [1] dont nous respectons les notations, dans le cas particulier d'un port à parois verticales, de profondeur constante, dont la section droite est un cercle de rayon R; 2° de confronter nos prévisions théoriques avec les résultats de nos mesures. Nous utiliserons le système de coordonnées cylindro-polaires r, θ, z; Oz est pris suivant l'axe du port. Le phénomène au large est symétrique par rapport à l'axe polaire Ox. L'entrée, d'ouverture 2β, correspond à $r=R$; $-\beta\leq\theta\leq\beta$; $-h\leq z\leq 0$. La fonction Φ de la Note précitée satisfait aux conditions aux limites suivantes : $d\Phi/dn=0$ pour $\beta\leq\theta\leq 2\pi-\beta$ et $d\Phi/dn=V_0$ pour $-\beta\leq\theta\leq\beta$, V_0 étant l'amplitude, supposée constante, de la vitesse superficielle horizontale. On sait qu'alors :

$$\Phi = V_0\sum_{0}^{\infty} A_n J_n(\omega r)\cos n\theta$$

ou

$$A_0=\frac{-\beta}{\pi\,\mathrm{ch}(\omega h)J_1(\omega R)},\qquad A_n=\frac{2R}{\pi\,\mathrm{ch}(\omega h)}\,\frac{\sin(n\beta)}{n\omega J_{n-1}(\omega R)-n^2J_n(kR)}.$$

Pour déterminer V_0, on utilisera les lois expérimentales suivantes, valables lorsque les conditions de symétrie ci-dessus sont remplies; il s'établit dans le voisinage de la section d'entrée et à l'extérieur du port un claplotis dont l'amplitude a est légèrement inférieure au double de l'amplitude de la houle au large; la section d'entrée est une crête du claplotis chaque fois qu'il y a résonance.

---

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2005.

On obtient enfin l'expression de la dénivellation η de la surface

$$(1) \qquad \eta = \frac{V_0 \omega}{2\pi f} \sin(2\pi f t) \operatorname{ch}(\omega h) \sum_0^\infty A_n J_n(\omega r) \cos n\theta.$$

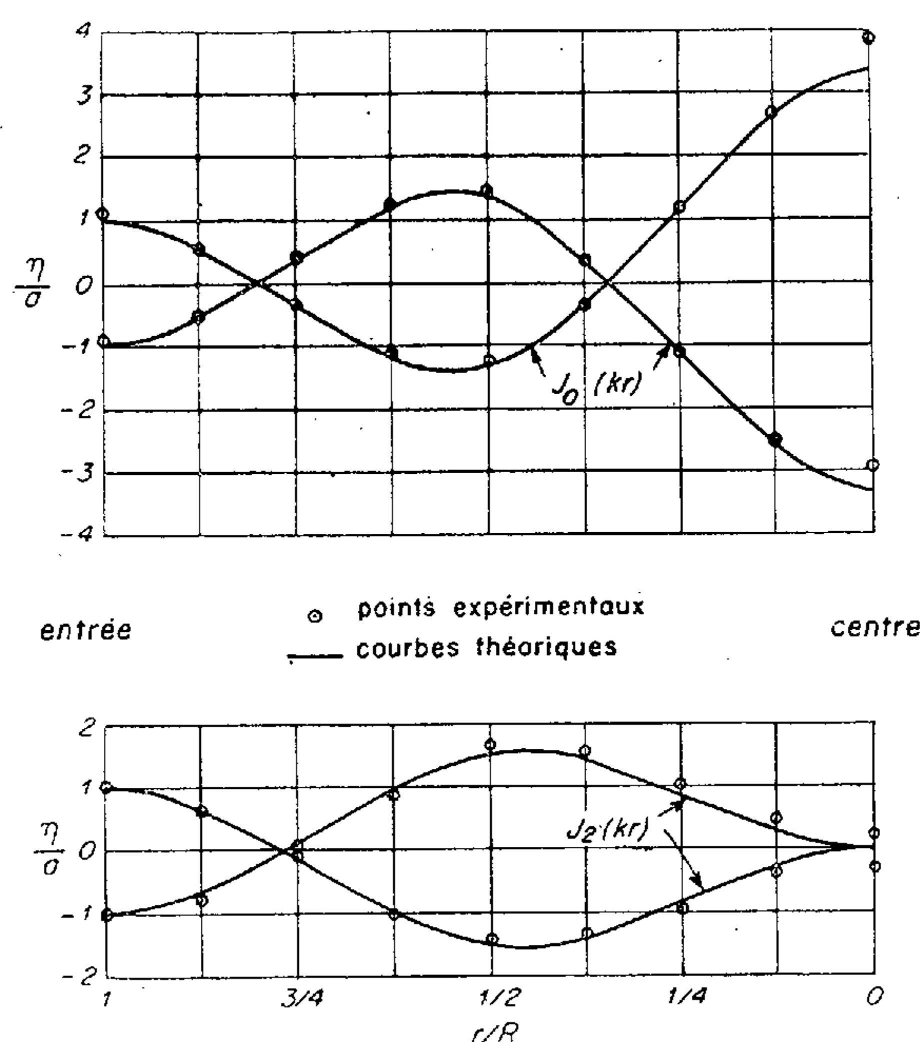
En écrivant que les amplitudes des dénivellations du clapotis et de la surface libre sont égales dans la section d'entrée, on obtient l'équation

$$\eta_0^2 + \left[\frac{V_0 \operatorname{th}(\omega h)}{2\pi f}\right]^2 = a^2,$$

qui détermine V_0 en fonction de a; η_0 est l'amplitude du mouvement au centre de l'entrée.

S'il y a résonance, V_0 est nul; un passage à la limite facile montre que (1) se réduit à $\eta = aJ_n(\omega r) \cos n\theta$; le phénomène se ramène donc à une seiche classique dans un bassin circulaire ([2]), ([3]).

On sait alors que le rapport entre l'amplitude en un point d'amplitude maximum (au centre ou près du centre) et celle à l'entrée est en général plus grand que l'unité et croît lorsque le nombre de cercle nodaux croît.



Les expériences ont été conduites dans un canal au Laboratoire Neyrpic. Un port circulaire de diamètre 3,20 m, avec un angle d'ouverture $\pi/8$, a été

([2]) Rayleigh, *On Waves*, (*Phil. Mag.*, **1**, 1876, p. 257-279).

([3]) Bouasse, *Houle, Rides, Seiches et Marées*, Paris, 1924, p. 92-145.

construit dans ce canal. Un batteur à houle à une extrémité du canal donne une houle dont la période et l'amplitude sont réglables. La profondeur h a été fixée à 16 cm.

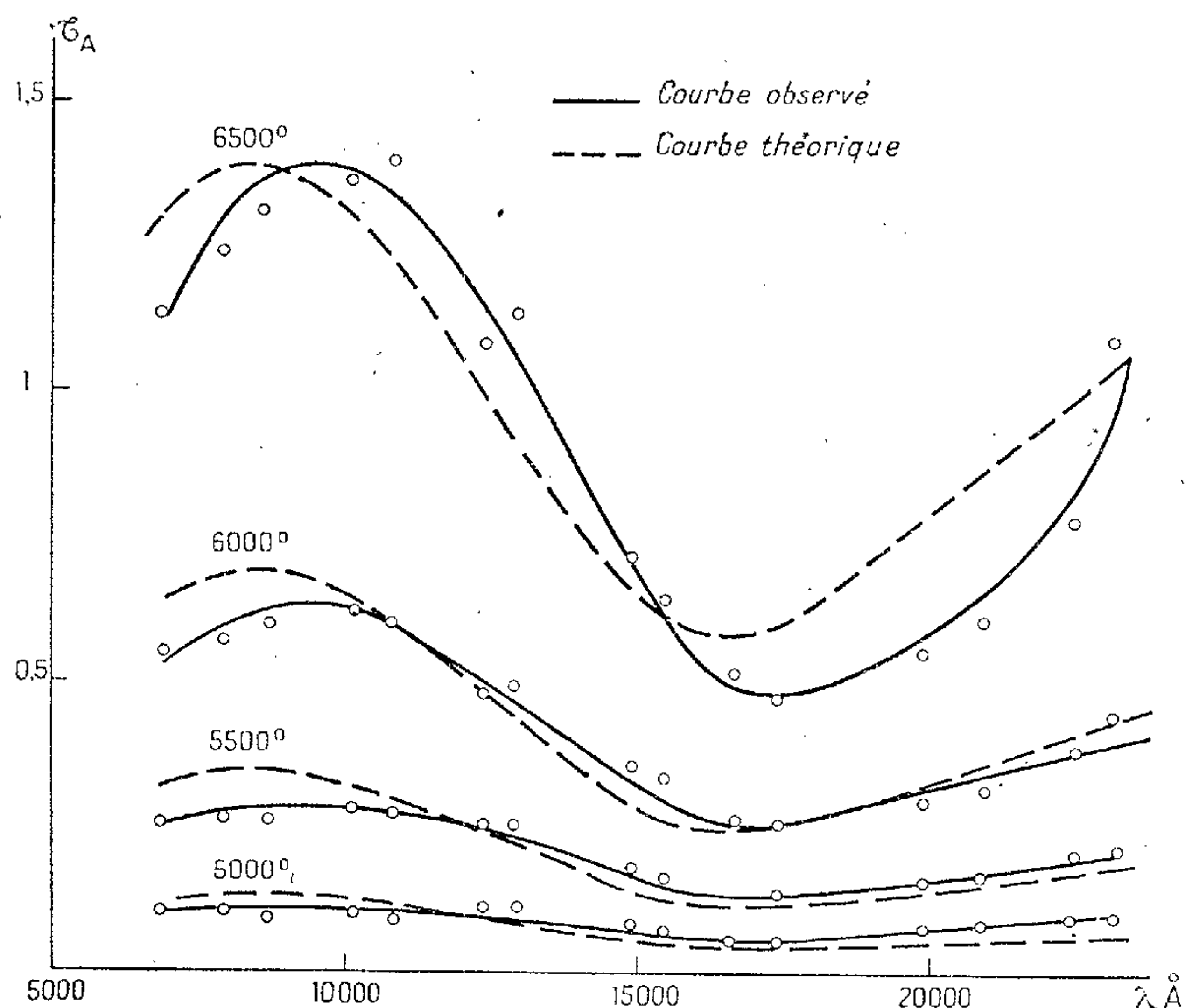
Nous publions ci-contre les résultats des mesures intéressant les phénomènes résonants d'ordre 0 et 2. Le graphique permet de comparer le profil théorique de la section de la surface libre sur le plan $\theta = 0$ avec quelques points expérimentaux.

On constate : 1° qu'en raison des amplitudes non négligeables (la valeur de a était d'un centimètre environ) les crêtes sont plus prononcées que les creux; 2° qu'il existe des harmoniques dans la région du centre dans le cas $n = 2$, l'influence de celle du troisième ordre étant la plus marquée pour ce mouvement. Malgré ces écarts, d'ailleurs explicables, l'accord entre théorie et expérience nous semble très satisfaisant

Nous présenterons ultérieurement une étude des mouvements non résonants et des mouvements dans un port rectangulaire.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'opacité de la photosphère solaire entre* 6700 *et* 23000 Å. Note (*) de M. **Roger Peyturaux**, présentée par M. André Danjon.

Dans une Note précédente (¹) nous avons publié de nouvelles données d'observation sur la répartition spectrale de l'énergie au centre du disque



(*) Séance du 25 juin 1951.

(¹) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 931.

solaire. En utilisant ces résultats et ceux de nos mesures d'assombrissement ([2]), nous avons déterminé la profondeur optique des couches de différentes températures de la photosphère solaire pour diverses longueurs d'onde. La méthode utilisée est due à Kourganoff ([3]). Nous avons ainsi obtenu les courbes représentées ci-contre. Nous avons ensuite déduit les courbes théoriques des données de Chandrasekhar sur l'ion négatif hydrogène en utilisant une méthode indiquée par Chalonge ([4]).

Nous constatons qu'à la précision des mesures et des données théoriques l'accord, avec nos résultats, est satisfaisant. Dans ([1]), nous avons montré que nos mesures semblaient confirmées par les premières mesures d'Abbot qui, malheureusement, ne présentaient que peu de points.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il semble donc que l'on puisse considérer les coefficients d'absorption de H^- calculés par Chandrasekhar comme étant corrects.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Transformation des corps anisotropes par la chaleur.* Note (*) de M. **Jésus Marie Tharrats Vidal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il semble que la dilatation des corps par la chaleur entraîne des nouvelles conceptions, lesquelles ont été cachées à cause d'une introduction prématurée de la métrique. Afin de porter tous les résultats à un même but, il faut d'abord étudier la transformation entre les points d'un corps et les points de ce corps dans un autre état (par rapport à la chaleur).

Nous allons chercher cette correspondance en introduisant les postulats suivants :

1. La dilatation d'un corps par la chaleur est équivalente à un faisceau continu de transformations d'un domaine dans un espace projectif; c'est-à-dire un ensemble de transformations en correspondance continue avec une variable topologique unidimensionelle.

2. La correspondance entre ce domaine et son transformé est analytique dans le sens qu'on peut former pour chaque point (x'_1, x'_2, x'_3) de ce domaine :

$$\overline{x}_i = \sum_{m,n,p} A_{mnp}(x_1 - x'_1)^m (x_2 - x'_2)^n (x_3 - x'_3)^p \quad (i = 1, 2, 3;\ m, n, p = 0, 1, 2, \ldots, \infty).$$

3. Si dans quelque domaine E′ transformé d'un E on en sépare une portion de matière, celle-ci ne se déforme pas.

([2]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 368.
([3]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2011.
([4]) *Physica*, 12, n°s 9-10, 1946, p. 721.

(*) Séance du 25 juin 1951.

4. Unicité des solutions [qui se spécifient à chaque cas, en faisant cette citation (p. 4)].

Soit donc le domaine d'un corps C, dans lequel pour chaque valeur λ_n d'une variable λ nous obtenons une transformation de C en C_n. Si C est un espace projectif E, la correspondance entre E et E_n est (à cause des propriétés de la matière) biunivoque et continue sans aucun point d'exception, donc comme nous l'avons démontré c'est une projectivité affine (dû au postulat III). Soit C un sous-espace de E; C se transforme en C_n. Si après chaque transformation nous séparons C_n de l'espace total E_n nous obtiendrons un sous-espace C'_n, en général distinct de C_n puisque nous avons varié les conditions. Mais si la cause qui a déformé E, et donc C et C' agit directement sur C, nous obtenons un autre faisceau de transformations C^*.

Comme sur le faisceau C'_n et sur le faisceau C^*_n agit la même cause, ces faisceaux sont identiques (p. 4). Par conséquent : toute transformation entre deux domaines matériels d'un même faisceau, est le produit d'une projectivité affine par une autre correspondance qui dépend de l'action de quelques points sur les autres (cause interne).

Pour connaître cette dernière correspondance, il suffit de séparer C_n de E_n et nous obtiendrons C'_n. On peut donc poser

$$T = At \qquad (A = \text{projectivité affine}).$$

Selon le troisième postulat, le faisceau de transformations dues à la chaleur est tel que t est un mouvement, et donc $T = A$. Il s'agit donc, d'un faisceau de projectivités affines.

Des auteurs comme Wülner (1), et Violla (2), déduisent cette affinité en admettant *a priori* l'existence de trois droites unies, et de plus ils admettent la loi du binome qui doit se déduire de tout ceci. A notre avis il n'est pas juste non plus de partir du fait que la dilatation transforme les réseaux plans en réseaux plans, car il y a des auteurs qui s'inclinent à croire que l'action de la chaleur courbe la maille. Les démonstrations à partir des déformations élastiques sont contradictoires avec le troisième postulat, et il semble donc que le phénomène échappe à la mesure.

Expansion des cristaux. — Si le corps est isotrope les directions des droites ne changent pas (par symétrie); nous avons donc une homologie dont le plan des points unis est le plan de l'infini, c'est-à-dire une homothétie. Si le corps est anisotrope le plan de l'infini, est aussi uni mais il n'est pas de points unis. Si nous supposons que la projectivité subordonnée sur le plan de l'infini a trois points unis réels, nous aurons un quatrième point uni réel qui ne doit pas se trouver sur ce plan. Ce point uni est le centre de gravité du cristal;

(1) *Lehrbuch der Experimentalphysich* (Band II).
(2) *Trattato di Cristallografia.*

en effet le centre de gravité est donné pour chaque λ par [3]

$$\vec{G}'(\lambda) = \frac{\iiint_v \rho\, \vec{m}'(\vec{m} \mid \lambda)\, d\tau}{\iiint_v \rho\, d\tau}.$$

Il suffit de poser $\lambda = f(t) = t$ (p. 4), et donc

$$\ddot{G} = \frac{\iiint_V \rho\, \ddot{m}\, d\tau}{\iiint_V \rho\, d\tau} = \frac{\iiint_V \ddot{m}(\rho\, d\tau)}{\iiint_V \rho\, d\tau}$$

$$\ddot{G}\Sigma m = \Sigma m \vec{a} = \Sigma \text{ forces agissant sur le système} = \Sigma \text{ forces extérieures} = 0$$

et si la vitesse initiale est nulle, on obtient $\vec{G} = 0$.

Dans le cas des transformations affines le point $\vec{G}$ se comporte comme un point géométrique [3], et il en résulte la conclusion que nous voulions démontrer.

Si nous admettons une symétrie thermique analogue aux autres symétries physiques, nous pourrons prédire pour chaque système cristallin une projectivité affine :

Système cubique	homothétie
» quadratique	homographie biaxiale, droites unies orthogonales
» orthorhombique	» générale, droites unies orthogonales
» hexagonal	» biaxiale
» rhomboédrique	homographie générale
» monoclinique	
» triclinique	

CHALEUR. — *Influence de la transmission de la chaleur sur la stabilité des réglages de température*. Note de M. **Pierre-Louis Dubois-Violette**, présentée par M. Gustave Ribaud.

En dépit de sa traduction analytique d'aspect complexe le phénomène de propagation cylindrique de la chaleur apporte dans l'expression du rapport de transmission $G(p)$ d'un servomécanisme de réglage, une contribution qui se réduit dans la plupart des cas à un facteur de la forme $1/f(p)$, $f(p)$ désignant une fonction entière de p. Dans ces conditions, la méthode de fusion des racines [1] est applicable et permet de calculer les limites de stabilité des réglages de température.

1. *Hypothèses et notations.* — Nous supposons que le flux de chaleur se propage par nappes cylindriques de révolution dans un milieu homogène, de

---

[3] J. M. Tharrats, *Anales de la R. S. E. de Física y Q.*, 45, (A), 1949.

[1] P. L. Dubois-Violette, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1360.

masse spécifique μ, de chaleur spécifique γ, de conductibilité calorifique k. $\varphi(p, r)$ et $\theta(p, r)$ désignent les transformées de Laplace des écarts du flux de chaleur par unité de surface ou de la température qui traduisent le déréglage. Le flux de chaleur se propage à l'intérieur de la couronne limitée par deux cylindres de révolution C_1 et C_2; il est compté positivement de C_1 vers C_2. Nous utilisons les coordonnées réduites : $\tau=(\mu\gamma/k)(r/2)^2$ et $x=p\tau$ (τ est homogène à un temps) ainsi que les fonctions suivantes apparentées aux fonctions de Bessel d'ordre 1 et 2.

$$f_0(x)=J_0(2j\sqrt{x}) \qquad f_1(x)=-j\sqrt{x}J_1(2j\sqrt{x}) \qquad \text{avec } j^2=-1$$

$$g_0(x)=\pi N_0(2j\sqrt{x}) \qquad g_1(x)=-j\pi\sqrt{x}N_1(2j\sqrt{x})$$

Ces fonctions vérifient, en particulier :

$$f_0(x)g_1(x)-f_1(x)g_0(x)=1, \tag{1}$$

$$\theta(r, p)=A(p)f_0(x)+B(p)g_0(x), \tag{2}$$

$$\varphi(r, p)=\frac{2k}{r}[A(p)f_1(x)+B(p)g_1(x)]; \tag{3}$$

$A(p)$ et $B(p)$ étant deux fonctions de p qui sont déterminées par les conditions aux limites.

2. *Discussion des conditions aux limites.* — Le flux de chaleur qui émerge de l'une des faces de la couronne cylindrique, soit C_2, alimente directement ou non l'élément E_0 dont on se propose de régler la température $\theta_0(p)$. Un ou plusieurs éléments E_3, E_4, ..., E_n peuvent être interposés en couches successives entre la face C_2 et E_0, mais leurs températures $\theta_3(p)$, $\theta_4(p)$, ..., $\theta_n(p)$ sont ici considérées comme homogènes. L'élément E_i reçoit de E_{i-1}, le flux φ_{i-1} et transmet à E_{i+1} le flux $\varphi_i(p)$. Sa température $\theta_i(p)$ suit une loi de variation de la forme

$$\varphi_{i-1}(p)-\varphi_i(p)=P_i(p).\theta_i(p), \text{ où } P_i(p) \text{ désigne un polynome en } p.$$

D'autre part, le flux $\varphi_i(p)$ est proportionnel à $\theta_i(p)-\theta_{i+1}(p)$, et enfin, la température θ_0 est liée au flux φ_n que transmet à E_0 l'élément E_n par une équation différentielle qui s'écrit symboliquement :

$$\varphi_n(p)=P_0(p).\theta_0(p).$$

Un raisonnement par récurrence permet alors de démontrer que : 1° $\varphi(p, r_2)$ et $\theta_0(p)$ vérifient une relation de la forme :

$$2\pi r_2\,\varphi(p, r_2)=H_1(p)\,\theta_0(p); \tag{4}$$

2° $\varphi(p, r_2)$ et $\theta(p, r_2)$ satisfont sur la face C_2, à la condition aux limites :

$$2\pi r_2 \varphi(p, r_2) = \frac{H_1(p)}{H_2(p)} \theta(p, r_2), \tag{5}$$

$H_1(p)$ et $H_2(p)$ sont des polynomes en p qui s'expriment en fonction des polynomes $P_i(p)$.

3. *Forme du rapport de transmission* $G(p)$ *entre la grandeur de réglage et la grandeur réglée* ([1]). — La grandeur de réglage est généralement un flux de chaleur qui alimente la couronne cylindrique par la face C_1, soit directement, soit à travers un ou plusieurs éléments interposés. Dans le premier cas, elle s'identifie avec $2\pi r_1 \varphi(p, r_1)$. Dans le deuxième cas, elle s'exprime par une fonction linéaire de $2\pi r_1 . \varphi(p, r_1)$ et de $\theta(p, r_1)$ dont les coefficients sont des polynomes en p. L'inverse du rapport de transmission $G(p)$ est donc, dans tous les cas, une combinaison linéaire des inverses des deux rapports :

$$G_1(p) = \frac{\theta_0(p)}{2\pi r_1 \varphi(p, r_1)} \quad \text{et} \quad G_2(p) = \frac{\theta_0(p)}{\theta(p, r_1)}.$$

De la condition (5) on déduit, compte tenu de (2) et (3), les rapports $2\pi r_2 \varphi(p, r_2)/\theta_0(p, r_1)$ et $2\pi r_2 \varphi(p, r_2)/2\pi r_1 \varphi(p, r_1)$, puis à l'aide de (4), $G_1(p)$ et $G_2(p)$. On trouve, en tenant compte de l'identité fondamentale (1) qui apporte une simplification essentielle :

$$G(p) = \frac{1}{H_1(p)F_1(p) + 4\pi k H_2(p) F_2(p)} \quad \text{et} \quad G_2(p) = \frac{4\pi k}{H_1(p)F_3(p) + 4\pi k H_2(p) F_4(p)}$$

en posant :

$$\text{(6)} \begin{cases} F_1(p) = f_0(x_2)g_1(x_1) - f_1(x_1)g_0(x_2), & F_2(p) = f_1(x_1)g_1(x_2) - g_1(x_1)f_1(x_2), \\ F_3(p) = f_0(x_2)g_0(x_1) - f_0(x_1)g_0(x_2), & F_4(p) = f_0(x_1)g_1(x_2) - g_0(x_1)f_1(x_2). \end{cases}$$

Ces quatre fonctions bénéficient d'une propriété très importante à notre point de vue. La variable p, qui figure dans x_1 et x_2 s'élimine dans les termes en logarithmes. $F_1(p)$, $F_2(p)$, $F_3(p)$, $F_4(p)$ sont donc des fonctions entières de p; il en est de même de l'inverse $1/G(p)$ du rapport de transmission, combinaison linéaire de ces quatre fonctions fondamentales, dont les coefficients sont des polynomes en p. La méthode de fusion des racines est donc applicable et permet alors de discuter la stabilité du réglage thermique et de déterminer *a priori* les conditions optima du réglage. La méthode est donc d'une portée très générale dans les problèmes de propagation.

La discussion est dans chaque cas particulier facilitée par le fait que la fusion intéresse seulement les plus faibles des racines en ω ([1]) et les taux de réglage peuvent être calculés numériquement sans grande difficulté. Nous en montrerons ultérieurement l'application sur des exemples d'intérêt technique.

ÉLECTRICITÉ. — *Contribution à l'étude des pertes dans les lignes de transport d'énergie électrique à haute tension continue par brouillard (cas général).* Note de M. **Robert Cochet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié, en fonction du temps et de la vitesse d'écoulement de l'air brumeux, le dépôt de gouttelettes de brouillard sur un conducteur cylindrique, ainsi que l'influence de la tension sur la captation.

Dans une Note récente [1] nous avons exposé une méthode permettant de déterminer le *coefficient de captation* d'une ligne à haute tension continue en atmosphère brumeuse, lorsque la vitesse d'écoulement de l'air brumeux est faible.

Pour des vitesses supérieures au mètre par seconde, nous devons considérer le terme d'inertie relatif aux gouttelettes de brouillard $\delta(d\vec{V}/dt)$. L'équation qui définit le mouvement d'une gouttelette au point M voisin d'un conducteur cylindrique, pour des gouttelettes dont le diamètre est inférieur à 30^{μ} et des vitesses inférieures relatives à 50 cm : s, s'écrit, avec les notations déjà indiquées,

$$(1)\qquad \delta\frac{dV}{dt} = -18\frac{\delta'\nu}{d^2}\vec{v} + \delta\vec{g} - \lambda\frac{3}{16\pi}\frac{E_0^2 D^2}{\rho^4}\vec{\rho}.$$

Une méthode graphique permet encore de tracer approximativement les trajectoires. Soient MT la tangente à la trajectoire au point M et MN la normale (*fig.* 1), l'équation vectorielle (1) peut être représentée par les vecteurs vitesse :

$$\overline{AB} = \frac{\delta d^2}{18\,\delta'\nu}\vec{g},\qquad \overline{BC} = -\frac{\lambda}{96\pi}\frac{d^2 E_0^2 D^2}{\delta'\nu\rho^4}\vec{\rho},\qquad \overline{CD} = -\frac{\delta d^2}{18\,\delta'\nu}\frac{dV}{dt},\qquad \overline{AD} = \vec{v}.$$

En tenant compte de la relation $\vec{V} = \vec{V}' + \vec{v}$, le vecteur $\overline{CD}$ est déterminé, ainsi que ses projections u_1 et u_2 sur MT et MN. Les équations intrinsèques du mouvement de la gouttelette s'écrivent

$$(2)\qquad \frac{dv}{dt} = -u_1\frac{18\,\delta'\nu}{\delta d^2},$$

$$(3)\qquad \frac{V^2}{R} = u^2\frac{18\,\delta'\nu}{\delta d^2}.$$

L'équation (3) donne la valeur du rayon de courbure au point M. Nous avons ainsi la possibilité de tracer un élément de cercle osculateur à la trajectoire que nous pouvons assimiler à un élément ΔS de trajectoire passant au point M.

En tenant compte de la relation $dS = V\,dt$, l'équation (2) donne l'accroissement fini ΔV de la vitesse correspondant à l'élément de trajectoire ΔS choisi suffisamment petit.

---

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2295.

Nous avons évalué par cette méthode les valeurs du *coefficient de captation* γ en fonction de V'_0 pour $E_0 = 100$ u. e. s. C. G. S., $D = 1,3$ cm et $d = 20 \cdot 10^{-4}$ cm.

Si nous désignons par m_1 la masse d'eau liquide par centimètre cube de brouillard, par V_0 le module de la vitesse des gouttelettes de brouillard loin du conducteur, la masse M_1 d'eau déposée par seconde et par centimètre de conducteur a pour expression : $M_1 = m_1 \gamma D V_0$ (²).

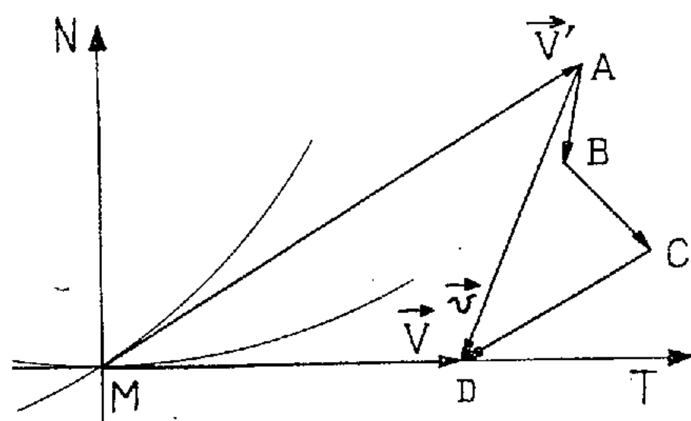


Fig. 1.

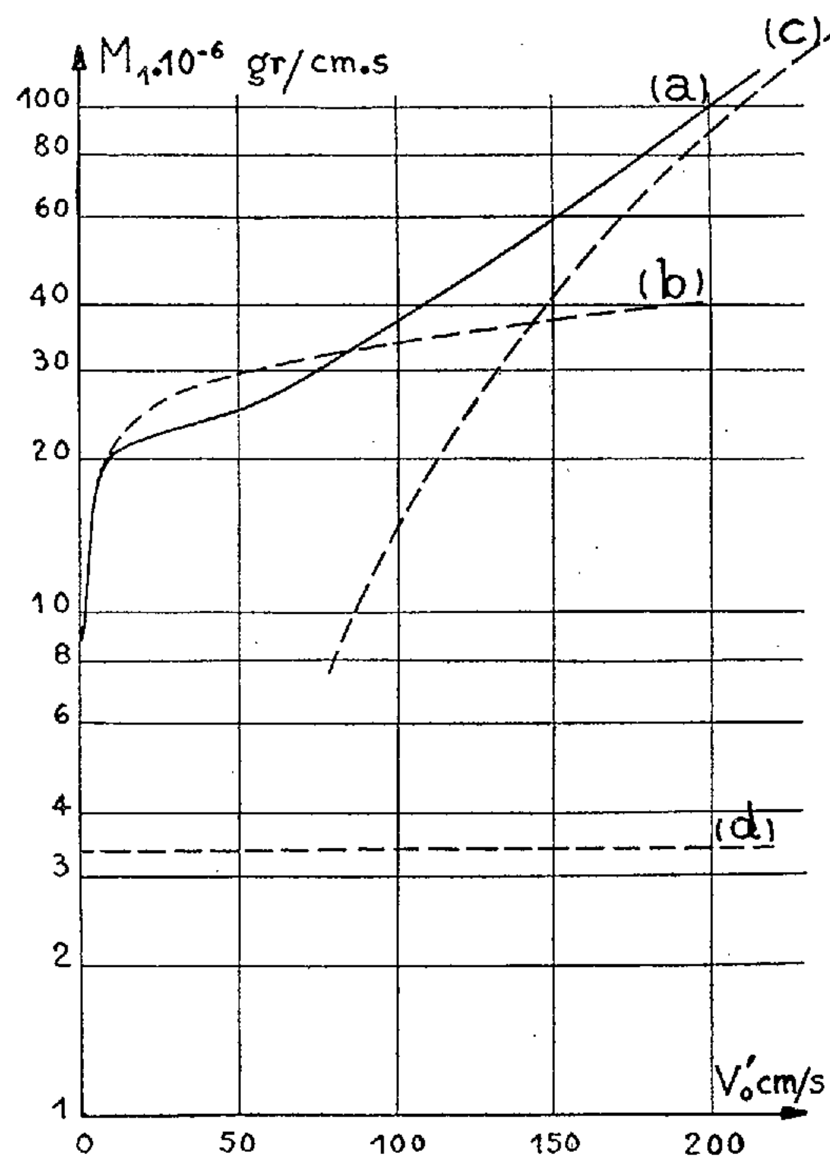


Fig. 2.

La courbe (a) de la figure 2 représente la quantité d'eau M_1 calculée, déposée par seconde et par centimètre de conducteur en fonction de V'_0 pour $D = 1,3$ cm $E_0 = 100$ u. e. s. C. G. S., $D = 20 \cdot 10^{-4}$ cm, $m_1 = 2 \cdot 10^{-6}$ g : cm³, l'équation (1) étant utilisée pour définir le mouvement d'une gouttelette de brouillard.

Les courbes (b), (c) et (d) représentent les quantités d'eau M_1 calculées en utilisant respectivement.

L'équation $-\dfrac{18\delta'\nu}{d^2}\vec{v} + \delta\vec{g} - \lambda\dfrac{3}{16\pi}\dfrac{E_0^2 D^2}{\rho^4}\vec{\rho} = 0$ pour la courbe (b) (¹).

L'équation $\delta\dfrac{d\vec{V}}{dt} = -\dfrac{18\delta'\nu}{d^2}\vec{v}$ pour la courbe (c).

Et l'équation $-\dfrac{18\delta'\nu}{d^2}\vec{v} + \delta\vec{g} = 0$ pour la courbe (d).

(²) *Comptes rendus*, **231**, 1950, 1045.

Conclusion. — Ces courbes montrent que l'influence de la tension sur la captation du brouillard par une ligne à haute tension augmente d'abord avec la vitesse d'écoulement de l'air brumeux, puis diminue jusqu'à devenir négligeable pour les grandes vitesses (à partir de 2 à 3 m : s). Elles montrent aussi quelle méthode simple convient pour calculer le coefficient de captation γ suivant les vitesse d'écoulement V'_0.

Nous savons ainsi estimer le temps nécessaire après l'apparition du brouillard, pour qu'une ligne à haute tension présente des pertes importantes ([2]).

Il peut être intéressant de diminuer ces pertes en augmentant le diamètre des conducteurs ([3]) sur certains tronçons de lignes à haute tension particulièrement exposés aux intempéries.

SPECTROSCOPIE. — *Différenciation de l'acénaphtène et du naphtalène par leurs spectres d'absorption dans l'infrarouge de* 3 *à* 15 μ. Note de MM. **Jean Garach** et **Pierre Barchewitz**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Il est possible de distinguer le naphtalène de l'acénaphtène par l'existence de bandes à 13,45 et 3,50 μ.

Les spectres d'absorption de l'acénaphtène et du naphtalène ont été étudiés au moyen d'un spectrographe Beckmann dans une région s'étendant de 3 à 15 μ.

Les examens ont été effectués sur des couches d'épaisseur 0,03 mm environ, obtenues par évaporation d'une solution de ces corps dans le tétrachlorure de carbone.

La molécule d'acénaphtène possède une symétrie moins grande que la molécule de naphtalène par suite de l'existence de la liaison diméthylénique-4.6 (symétrie C_2v et D_2h) cependant les spectres du naphtalène apparaissent plus complexes que ceux de l'acénaphtène.

Le tableau ci-après donne la position et l'intensité des bandes observées.

1° *Région spectrale de* 3 *à* 6 μ. — Dans cette région on observe vers 3,25 μ les bandes caractéristiques des groupements (CH = aromatique) et en plus, pour l'acénaphtène, les bandes CH_2 des groupements méthyléniques.

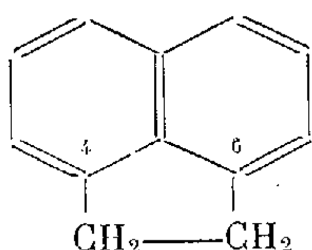
2° *Région spectrale de* 6 *à* 15 μ. — On observe, vers 7 μ, pour les molécules des deux composés, des bandes caractérisant la déformation des groupements CH.

Entre 7 et 12 μ, on constate une absence de bandes pour l'acénaphtène, tandis que le naphtalène y possède des bandes assez intenses.

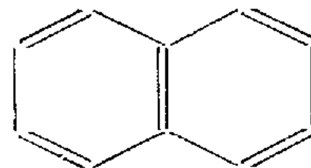
([3]) M. Pauthenier, G. Duhaut et L. Demon, *Revue générale de l'Electricité*, 58, 1949, p. 35-39 et 59, 1950, 133-136.

Dans la partie du spectre s'étendant de 12 à 15 μ, on trouve des bandes à 11,8 et 12,75 μ communes aux deux composés, ainsi qu'une bande d'intensité moyenne, à 13,44 μ pour l'acénaphtène seulement.

L'acénaphtène se distingue donc nettement du naphtalène par des bandes à 3,5 et 13,4 μ, caractéristiques, la première, du groupement CH_2, la deuxième de la molécule.



Acénaphtène.



Naphtalène.

Acénaphtène. Position (μ).	Acénaphtène. Intensité (%).	Naphtalène. Position (μ).	Naphtalène. Intensité (%).
13,442	40	–	–
12,768	75	12,723	93
–	–	12,125	9
11,840	50	11,763	21
–	–	10,350	60
–	–	10,110	45
–	–	9,868	20
–	–	8,813	25
–	–	8,094	45
–	–	7,856	35
7,497	5	–	–
7,224	35	7,116	40
6,940	30	6,994	25
6,720	35	6,665	20
6,482	50	6,385	90
3,500	35	–	–
3,385	75	3,350	90
3,252	70	3,247	60

EFFET RAMAN. — *Sur le spectre de vibration de la blende.* Note de M. **Jean-Paul Mathieu** et Mme **Lucienne Couture-Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

La fréquence Raman de la blende a pour valeur 349 cm^{-1}. Comparaison avec le spectre infrarouge et avec les résultats de la théorie de M. Born.

La blende, variété cristalline du sulfure de zinc SZn, forme des cristaux cubiques appartenant au groupe T_d^2 ($F\bar{4}3m$). Les atomes S et Zn ont la symétrie propre T_d. Il existe une seule oscillation optique principale triplement dégénérée, active à la fois dans l'absorption et dans la diffusion de la lumière.

1. L'étude du spectre de diffusion, excité par la radiation $\lambda = 4358$ Å, faite sur un monocristal (1) transparent, non fluorescent, mais coloré en vert pâle, a montré une seule raie de Raman, de fréquence $\lambda_0 = 349$ cm^{-1} ($\nu_0 = 28,5$ μ), fine, polarisée comme le prévoit la théorie (2). En donnant aux directions d'éclairement et de diffusion, toujours normales entre elles, des orientations variées par rapport aux axes de symétrie du cristal, et en particulier celles que l'on a désignées en (2) par 2 *b* et 2 *c*, nous n'avons jamais observé de variations de fréquence supérieures à nos erreurs d'expériences (2 cm^{-1}). La fréquence paraît donc indépendante de l'orientation des ondes élastiques qui produisent la diffusion dans le cristal. Le spectre d'absorption infrarouge d'une couche de blende pulvérisée (3) montre une bande, d'ailleurs large, à 303 cm^{-1} ($\lambda_0 = 33$ μ). La fréquence des rayons restants de la blende (4) est 324 cm^{-1} ($\lambda = 30,9$ μ). Le pouvoir réflecteur d'une couche de blende vaporisée passe par un maximum pour la même fréquence (3), tandis que celui d'une lame monocristalline a un maximum à 314 cm^{-1} ($\lambda = 31,8$ μ). On sait de reste que la fréquence du maximum de réflexion dépend du nombre des réflexions (5).

La fréquence des rayons restants de la blende est inférieure à la fréquence fondamentale donnée par le spectre de diffusion. C'est généralement l'inverse qu'on observe lorsqu'il s'agit, comme ici, d'une forte absorption (4); mais cela s'explique, si l'on tient compte de la grandeur exceptionnelle de l'indice de réfraction de la blende, comme le montrent les équations de la théorie électromagnétique (6).

Le désaccord entre les valeurs obtenues pour la fréquence fondamentale en absorption et en diffusion ne peut être imputé à une incertitude sur les résultats expérimentaux, ainsi que nous l'ont montré l'étude critique de nos mesures et les renseignements que M. Parodi nous a fournis sur les siennes. Cette différence peut alors tenir à plusieurs causes. En premier lieu, la longueur d'onde des radiations absorbées étant plus grande que celle des radiations diffusées, il se pourrait que la fréquence correspondante variât; toutefois, nous ne pensons pas que cette explication soit la bonne, car le calcul (7) montre que la variation de la fréquence doit être très faible. En second lieu, l'étude de l'absorption faite sur une couche de solide pulvérisé mécaniquement, comme c'était ici le cas, doit produire un déplacement

(1) Provenant de Pico de Europa (Espagne).

(2) L. Couture et J.-P. Mathieu, *Annales de Physique*, 3, 1948, p. 521.

(3) M. Parodi, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1224.

(4) Cl. Schaefer et F. Matossi, *Das Ultrarote Spektrum*, Berlin, 1930.

(5) H. Rubens, *Wied. Annalen*, 69, 1899, p. 576.

(6) M. Havelock, *Proc. Roy. Soc.*, 86, 1912, p. 1.

(7) J. Couture, *Revue Scientifique*, 85, 1947, p. 86.

apparent des fréquences d'absorption vers les valeurs des fréquences de réflexion [8]. Enfin, l'échantillon de blende utilisé pour les mesures d'absorption était fortement coloré en jaune brun, comme cela se présente très fréquemment; il se peut que l'absorption propre aux impuretés ferriques qui produisent cette coloration ait joué un rôle dans l'élargissement et le déplacement de la bande étudiée.

2. Du point de vue théorique, M. Born a calculé par deux méthodes la longueur d'onde λ_0 de la vibration principale de la blende. D'abord [9], en partant de la dynamique des cristaux cubiques à réseaux diagonaux et en supposant que les forces interioniques comprennent un terme de Coulomb et un terme de répulsion dont la loi se déduit de la compressibilité et dont on ajuste les constantes de façon à retrouver la valeur expérimentale de l'un des coefficients d'élasticité. On trouve $\lambda_0 = 28{,}8\,\mu$ ($\nu_0 = 347\,\text{cm}^{-1}$).

Un second mode de calcul [10] part des relations qui existent entre les constantes macroscopiques élastiques, piézoélectriques et électrostatiques des réseaux cubiques diagonaux et ne laisse subsister, comme grandeurs atomiques, que les charges des atomes S et Zn. En prenant ces charges égales à deux fois la charge élémentaire, on trouve $\lambda_0 = 53{,}5\,\mu$, valeur beaucoup trop grande. Mais dans la formule utilisée intervient la différence $\varepsilon - \varepsilon_0$ entre la constante diélectrique ε et la part électronique de la réfraction ε_0. Cette dernière valeur, mal connue de M. Born, peut se déduire des mesures ultérieures de Mell [11] : $\varepsilon_0 = 5{,}04$. Comme $\varepsilon = 7{,}2$ [12], on a $\varepsilon - \varepsilon_0 = 2{,}16$, au lieu de la valeur 6,50 admise par M. Born. On trouve alors $\lambda_0 = 30{,}7\,\mu$ ($\nu_0 = 326\,\text{cm}^{-1}$).

L'accord est donc acceptable entre la valeur mesurée pour ν_0 et la valeur calculée par la seconde méthode de M. Born, qui est plus affranchie que la première d'hypothèses particulières. On peut s'en étonner, lorsqu'on admet, comme on tend aujourd'hui à le faire, que le réseau de la blende n'est pas ionique, mais homopolaire [13]. En fait, cette manière de voir, fondée sur la mesure des rayons atomiques dans les cristaux, conduit à une répartition inadmissible des charges sur les atomes pour de nombreux composés d'éléments n'appartenant pas au groupe du carbone. La déformation des ions, due à leur polarisabilité, peut expliquer la diminution des distances interioniques dans les solides de ce type. On tient compte, en gros, de la polarisation des ions, par le terme ε_0 dans la formule donnant λ_0. Si cette correction conduit à

---

(8) J.-P. Mathieu, *J. Phys.*, **12**, 1951, p. 632.

(9) M. Born et E. Bormann, *Ann. Physik.*, **62**, 1920, p. 218.

(10) M. Born, *Atomtheorie des Festen Zustandes*, Leipzig, 1923, p. 629.

(11) *Z. Physik*, **16**, 1923, p. 244.

(12) B. Gudden et R. Pohl, *Z. Physik*, **1**, 1920, p. 368.

(13) L. Pauling, *Nature of the Chemical Bond*, Ithaca, 1944.

une valeur approximativement exacte, la raison en est sans doute, comme Heckmann l'a montré ([14]), que les valeurs de λ_0 dépendent peu du choix des paramètres qui entrent dans l'expression des actions interioniques.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Filtres isolant les raies* 3125 *et* 2537 Å *du mercure pour l'étude photographique des documents.* Note (*) de MM. **Jacques Chanu, Étienne Guillemot**, Mlle **Jacqueline Lenoble** et M. **Georges Tendron**, présentée par M. Jean Becquerel.

L'emploi de filtres liquides (solutions aqueuses de sulfates de cobalt et de nickel et solution de diphénylbutadiène dans l'éther) permet d'isoler commodément les radiations ultraviolettes 3 125 et 2 537 Å des lampes dites germicides, en vue de leur utilisation photographique.

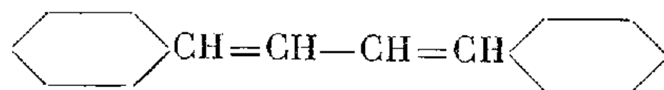
Dans le domaine des identifications et expertises, la photographie ultraviolette apporte des éléments d'étude très importants. S'il est courant de photographier des documents sur la raie 3 600 Å du mercure, il est par contre plus difficile d'isoler les raies 3 125 et 2 537 Å. Nos recherches ont porté sur l'emploi de substances possédant une bonne transparence pour ces régions spectrales et absorbant le reste des radiations dans leur superposition.

Les solutions utilisées furent les suivantes ([1]) :

I. Sulfate de cobalt hydraté $SO_4Co\ 7H_2O$, en solution dans l'eau bidistillée (300 g pour 1000 cm³ de solution). Épaisseur du filtre liquide : 1 cm.

II. Sulfate de nickel hydraté $SO_4Ni\ 7H_2O$, en solution dans l'eau bidistillée (500 g pour 1000 cm³ de solution). Épaisseur du filtre liquide : 1 cm.

III. Diphénylbutadiène trans-trans



en solution dans l'éther oxyde d'éthyle anhydre pur (0,045 g pour 1000 cm³ de solution.) Épaisseur du filtre liquide : 0,5 cm.

Leur étude fut réalisée avec un spectrographe à optique de quartz, le noircissement des plaques avec ou sans filtre étant comparé au microphotomètre enregistreur pour chaque longueur d'onde λ. La valeur réellement mesurée est $1/t$, facteur de multiplication du temps de pose pour avoir la même densité avec ou sans filtre. Par conséquent t est le facteur

([14]) *Zeits. für Kristal.*, 61, 1925, p. 279.

(*) Séance du 18 juin 1951.

([1]) M. Kasha, *J. Opt. Soc. Amer.*, 38, 1948, p. 929.

de transmission du filtre dans la limite où l'on peut admettre la loi de réciprocité des plaques photographiques.

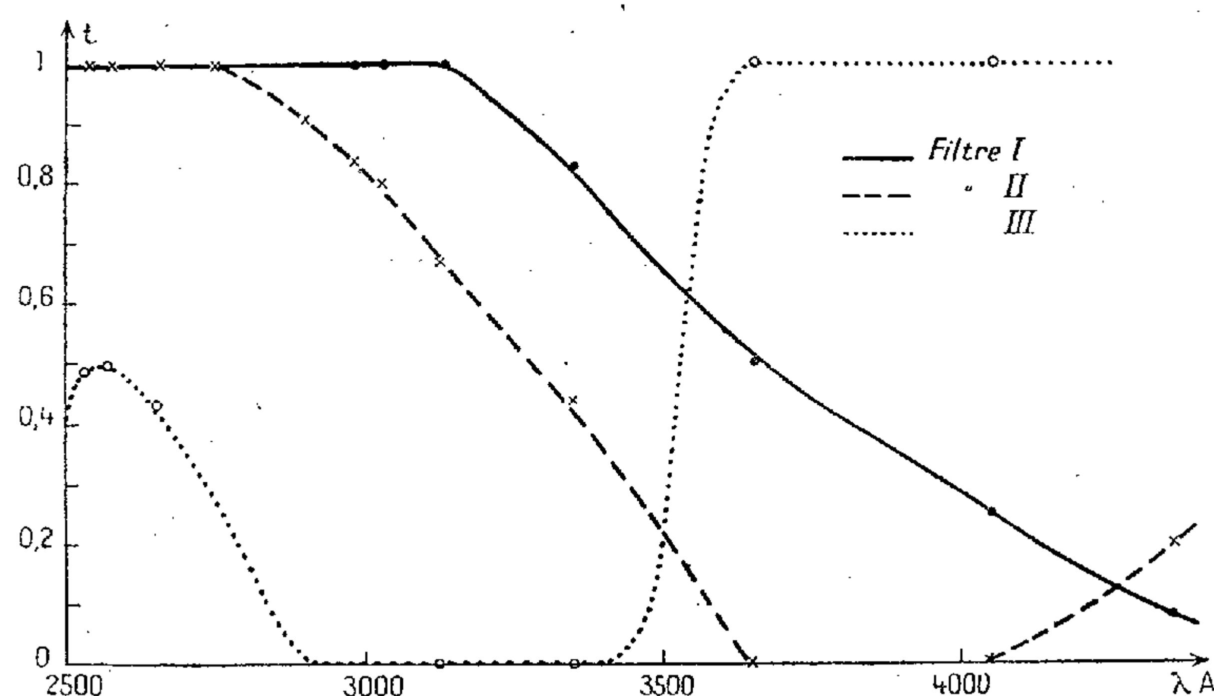


Fig. 1.

L'observation des courbes de transmission (*fig.* 1) laisse apparaître un maximum très marqué sur la bande 2 500-2 600 Å si l'on superpose les trois filtres : le facteur de transmission résultant étant le produit des facteurs de transmission des trois filtres composants.

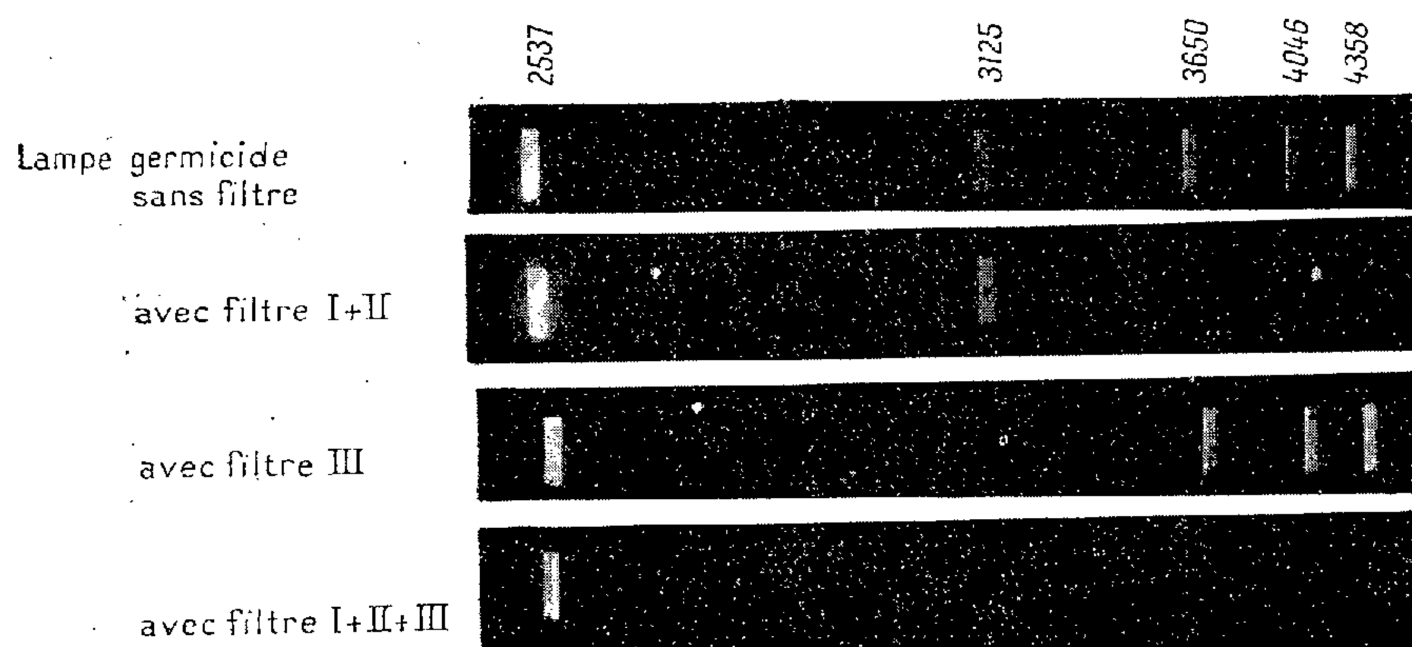


Fig. 2.

Le mélange des deux solutions de sulfate se faisant sans réaction chimique, sa transmission obéit à la loi de Beer (densité optique ou $\log t$ proportionnel à la concentration de chaque sulfate et à l'épaisseur). Aussi peut-on mélanger les solutions I et II en proportion égale, dans une cuve en quartz de 2 cm d'épaisseur, la solution III restant dans une cuve en quartz de 0,5 cm d'épaisseur.

Si l'on désire une sélection de la raie 2 537 Å pratiquement monochro-

matique, il suffira d'opérer avec une lampe ayant son émission maximum sur cette longueur d'onde et c'est le cas des lampes dites germicides. La figure 2 représente les spectres obtenus dans ces conditions, pour des temps de pose de 1 s.

En ce qui concerne l'utilisation de la raie 3125 Å, on constate, en étudiant la courbe des solutions des deux sulfates, que leur ensemble a un facteur de transmission qui est presque nul dans le visible et jusqu'à 3 650 Å, et qui croît rapidement vers l'unité pour en devenir très voisin à partir de la région 3 200 Å. L'ultraviolet plus lointain étant facilement coupé par les verres courants, le mélange peut être placé dans une cuve en verre pour constituer un filtre sélectionnant la raie 3125 Å. Toutefois pour éliminer la raie 3 347 Å, l'épaisseur du filtre devra être supérieure à 2 cm. Ce filtre présente sur les argentures très épaisses que l'on doit utiliser pour avoir une bonne sélection, l'avantage d'une transmission beaucoup plus élevée.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Corrélation angulaire entre neutron et rayon gamma dans les désintégrations* $^{7}Li(dn)\,^{8}Be^{*}(\gamma)\,^{8}Be$ *et* $^{6}Li(dn)\,^{7}Be^{*}(\gamma)\,^{7}Be$. Note (*) de M. **Jacques Thirion**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Des mesures préliminaires ([1]) ont donné une corrélation $n-\gamma$ de la forme $1 - A\cos^2\theta$ dans la désintégration du lithium par les deutons. La valeur de A donnée était $A = 0,45 \pm 0,1$,

De nouvelles mesures ont été faites à l'aide de deux détecteurs à scintillations. Ces substances sont des plastiques de polystyrolène contenant en solution 2 % de tétraphénylbutadiène : ils ont été préparés au Commisariat à l'Énergie Atomique par M. Pichat ([2]) dans les services de M. Guéron. La lumière produite dans ces « plastiques » est conduite par une tige de plexiglass à la photocathode d'une cellule à 19 étages multiplicateurs; ces cellules, conçues par M. Lallemand, ont été construites dans son laboratoire. Entre la cible et les détecteurs sont des cônes de fer de 10 mm de hauteur destinés à arrêter les β de désintégration du ^{8}Li.

Le circuit à coïncidences a un pouvoir de résolution de 2.10^{-8} sec.

Les corrections apportées aux mesures ont été les suivantes :

1° Correction de diffusion lorsque les deux détecteurs font un angle de 90° : l'influence d'un écran de plomb placé entre les deux plastiques a été étudiée en faisant varier l'épaisseur de cet écran; la correction correspondante en a été déduite.

(*) Séance du 18 juin 1951.

([1]) J. Thirion et Th. Muller, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1093.

([2]) *J. Phys. Rad.* (à paraître prochainement).

2° Correction de configuration : les angles solides des détecteurs ne sont pas infiniment petits. Si la corrélation expérimentale est $1 - B\cos^2\theta$, la valeur du coefficient A se déduit (3) par $A = B\left[1 + (1/3)\Omega\sqrt{2 - B}\right]$ où Ω est l'angle solide des détecteurs qui est de 0,3 stéradian.

Pour une énergie des deutons de 550 keV, la valeur de A a été trouvée $A = 0{,}41 \pm 0{,}03$.

Les valeurs théoriques correspondantes ont été calculées par une méthode analogue à celle qui a été décrite pour les corrélations $\alpha - \gamma$ (4). Il faut cependant tenir compte du spin 1/2 du neutron; le moment angulaire total emporté par le départ du neutron est alors $L \pm 1/2$, L étant le moment orbital. Les deux valeurs interviennent sans interférence entre elles (5). Si le spin I_0 de ^{8}Be dans son état fondamental est $I_0 = 0$ (ce qui est le cas de tous les noyaux pair-pair), seules les valeurs théoriques suivantes donnent un bon accord avec l'expérience : spin J de ^{9}Be* (noyau composé initial) $J = 1/2$; spin I de ^{8}Be*(4,9) MeV : $I = 1$. Moment angulaire L avec lequel est émis le neutron : $L = 1$. On a alors $A_{th} = 0{,}43$.

On ne peut savoir par ces expériences si le rayonnement γ est dipolaire électrique ou magnétique. Cependant, des considérations de parité permettent de conclure à un rayonnement magnétique si le deuton est capturé dans un état S par un noyau ^{7}Li.

D'autres mesures ont été faites pour une énergie des deutons de 1,1 MeV. La valeur de A est alors $A = 0 \pm 0{,}2$. De nombreuses valeurs théoriques sont alors possibles, à condition toutefois que J soit supérieur à 1/2.

Une expérience de corrélation $(n - \gamma)$ a été faite dans des conditions analogues à l'aide d'une cible de ^{6}Li isotopique préparée à Harwell par le Dr Allen. Dans la transmutation ^{6}Li(*dn*)^{7}Be, un seul niveau excité de ^{7}Be intervient; il est situé à 434 keV au-dessus du niveau fondamental. Pour une énergie des deutons de 550 keV, le rapport des nombres de coïncidences pour des angles entre les détecteurs de 90° et de 180° est $R = 1{,}06 \pm 0{,}08$.

La réaction ^{6}Li(*dn*)^{7}Be*(γ)^{7}Be est la réaction « image » de ^{6}Li(*dp*)^{7}Li*(γ)^{7}Li qui a été précédemment étudiée (6). On est conduit à attribuer un spin 1/2 à ^{7}Be* (434 keV) pour les mêmes raisons que pour ^{7}Li* (478 keV) : la corrélation est nulle et les neutrons ont des distributions angulaires non symétriques par rapport à la direction des deutons (7). On devait s'attendre *a priori* aux mêmes valeurs de spins pour les niveaux correspondants des noyaux « image » ^{7}Li et ^{7}Be (8).

---

(3) M. WALTER, O. HUBER, et W. ZÜNTI, *Helv. Phys. Act.*, 23, 1950, p. 697.
(4) J. THIRION, *Comptes rendus*, 230, 1950. p. 2090.
(5) L. ROSENFELD, Communication privée.
(6) J. THIRION, *Comptes rendus* (à paraître prochainement).
(7) GIBSON et GREEN, *Proc. Phys. Soc. London*, 63, 1950, p. 494.
(8) D. R. INGLIS, *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 181.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Influence de la mémoire de phase d'un système de spins sur la forme des signaux de résonance nucléaire.* Note de M. **Robert Gabillard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Exposé des raisons physiques qui permettent une mesure du temps de relaxation T_2 affranchie des limitations dues à l'inhomogénéité du champ magnétique. Mise en évidence expérimentale d'une limitation d'une autre nature, qui limite l'utilisation du procédé.

La possibilité de mesurer le temps de relaxation T_2 en présence d'une inhomogénéité du champ magnétique de polarisation supérieure à la largeur de raie a déjà été signalée (1), (2).

Nous avons établi (2) que l'effet de l'inhomogénéité du champ magnétique était de multiplier le signal v qui serait obtenu dans un champ homogène par la transformée de Fourier de la fonction de répartition de l'inhomogénéité $\varphi(\delta)$

$$v^* = v\,F(t) = v\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(\delta)\, e^{-i(\gamma\delta+\Phi)}\, d\delta.$$

Lorsque T_2 est plus petit que la demi-période du balayage T_0, le système de spins ne conserve pas la mémoire de phase d'un passage du balayage par la résonance au passage suivant et Φ est simplement une constante arbitraire que l'on peut prendre nulle.

Mais lorsque $T_2 > T_0$, le système de spins conserve le souvenir de la phase d'un passage au suivant. De cette « mémoire de phase » résulte que Φ devient une fonction de δ.

La fonction $\Phi(\delta)$ se détermine en écrivant qu'au bout de n passages par la résonance, le déphasage $n\gamma\delta T_0$ dû à l'inhomogénéité est compensé par la somme des remises en phase partielles qui se produisent à chaque passage par la résonance; l'étendue de chacune des compensations élémentaires et incomplètes étant proportionnelle à $\sin\Phi$. Le régime permanent correspond à la limite de ce processus pour n infini. On trouve

$$\Phi(\delta) = -\frac{1}{2}\gamma\delta T_0.$$

Il en résulte que la fonction $F(t)$ caractérisant l'effet de la répartition inhomogène du champ a la propriété :

$$|F(T_0 - t)| = |F(t)|.$$

Le signal présente dans ce cas l'aspect de la figure 1, soit e_1 et e_2 les ampli-

---

(1) S. J. Gooden, *Nature*, 1950, n° 4208, p. 1015.

(2) R. Gabillard, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1551.

tudes du module du signal après et avant la résonance. Nous avons

$$\frac{e_1}{e_2}=\frac{v_0\, e^{-\frac{t}{T_2}}\,|\,F(t)\,|}{v_0\, e^{-\frac{T_0-t}{T_2}}\,|\,F(T_0-t)\,|}=e^{\frac{T_0}{T_2}}.$$

Il est donc possible de déduire le temps T_2 de la formule déjà donnée (2)

$$T_2=\frac{T_0}{\operatorname{Log}\frac{e_1}{e_2}}.$$

Mise en évidence expérimentale d'une autre inhomogénéité. — Lorsque l'on trace la courbe $y=T_0/\log(e_1/e_2)$ en fonction du T_2 propre de l'échantillon utilisé sur un graphique bilogarithmique. On trouve (*fig.* 2) une droite inclinée à 45° pour $T_2 < 0{,}1$ s; un palier horizontal pour $T_2 > 0{,}1$ s.

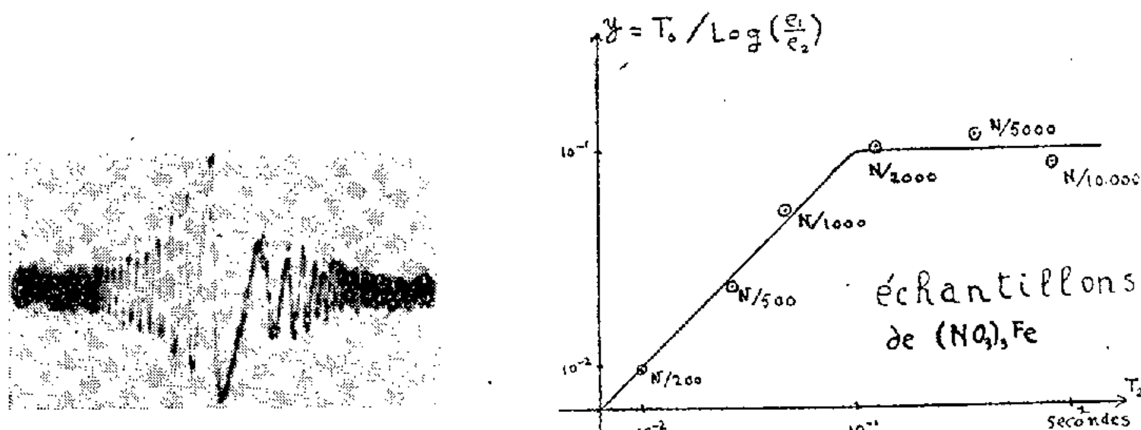


Fig. 1. Fig. 2.

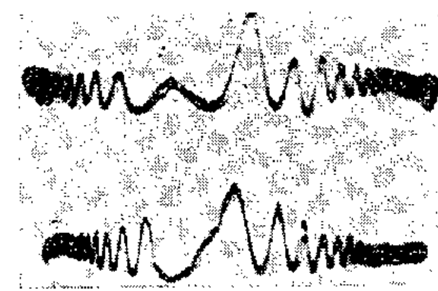


Fig. 3.

L'existence de ce palier marque la limite d'application de la nouvelle méthode. Son existence est due aux fluctuations dans le temps du champ magnétique auquel se trouve soumis chaque spin.

Ces fluctuations ont trois causes principales : les fluctuations du champ directeur, les fluctuations du champ de balayage, les déplacements de chaque molécule, dans le champ directeur spatialement inhomogène sous l'effet du mouvement brownien du liquide. Chacune de ces sources de fluctuations est très faible dans l'état actuel de la technique, ce qui explique l'extrême sensibilité de la nouvelle méthode de mesure et corrobore les premières observations de J. S. Gooden (1). Un travail ultérieur donnera un calcul détaillé de l'effet de ces différentes perturbations.

Remarque. — Ce qui précède s'applique uniquement lorsque le champ d'excitation haute fréquence H_1 est assez faible pour ne pas introduire de termes non linéaires dans les formules ($H_1 \leqq 10^{-2}$ gauss pour l'eau par exemple).

Lorsqu'il n'en est pas ainsi, les signaux de résonance ne sont plus périodiques de période T_0 mais de période $2\,T_0$ (*fig.* 2) et le rapport e_1/e_2 ne dépend plus seulement de T_2 mais aussi de H_1.

La signification physique de ce phénomène est très simple. Dans le cas où H_1 est très petit, son action durant la résonance est compensée par la relaxation durant les périodes de précession libre de durée T_0.

Mais si H_1 est trop grand, la relaxation est trop faible pour établir une compensation importante et la résultante macroscopique $\vec{M}$ prend une position moyenne telle que l'action de H_1 durant un passage par la résonance en champ magnétique croissant soit d'amplitude égale, mais de signe opposé à son action en champ magnétique décroissant, ce qui explique l'aspect de la figure 2 où l'image supérieure représente le signal produit en champ croissant et l'image inférieure le signal en champ décroissant.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Observations sur les modes de cristallisation de l'octanol.* Note de M. **Jean-Michel Dunoyer**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Une étude, en cours d'achèvement au laboratoire de Chimie physique [1], sur la constante diélectrique de l'octanol 1 de formule $C_7H_{15}—CH_2OH$, a fait apparaître des anomalies pour des températures légèrement inférieures au point de fusion (—17°C). Ceci nous a amené à étudier le mode de cristallisation de cet alcool. Nous avons employé la méthode des diagrammes de Debye-Scherrer en utilisant une chambre spécialement construite pour les basses températures qui sera décrite dans une publication ultérieure.

Les résultats obtenus sont assez singuliers. Des diagrammes ont été pris aux températures suivantes : —19°, —25°, —30°, —41°, —51°, —61°, —72°, —75° et —120°C. La température étant définie à ±1° près.

1° A —19°C, (2° en dessous du point de congélation), il n'apparaît que quatre raies, correspondant à de petits angles de Bragg et de grandes distances réticulaires.

n°.	θ. Angle de Bragg.	d. distance réticulaire en Å.
1	10° 24′	4,25
2	11° 06′	3,99
3	11° 50′	3,75
4	14° 44′	3,02

Ces raies sont peu intenses, mais fines et de noircissement très uniforme. A l'aide de ces quatre raies nous ne sommes pas parvenu à déterminer les paramètres de la maille. Si le système cristallin est bien défini, la position des raies n'est compatible ni avec un système cubique ni avec un système à deux paramètres. On serait en présence d'un système à plus de deux paramètres que l'on ne peut déterminer par un diagramme Debye-Scherrer.

2° Les diagrammes pris à des températures comprises entre 25°C et 61°C

---

(1) Mme Dalbert, *Thèse* en préparation.

ont un tout autre aspect. On distingue 11 raies peu homogènes montrant de nombreuses taches révélant la présence de cristallites assez gros.

Le dépouillement de ces diagrammes au moyen des abaques de Hull montre qu'il s'agit d'un système hexagonal compact; le rapport c/a des paramètres est égal à 1,63, la valeur des paramètres étant $a = 4{,}468$ Å; $c = 7{,}282$ Å déterminée par la moyenne des mesures.

N°.	θ (angle de Bragg).	d (distance réticulaire en Å).	(indices de Miller).	a (Å).	c (Å).
1	11°,28′	3,8668	100	4,47	7,29
2	12,08	3,6572	002	4,48	7,31
3	12,56	3,4345	101	4,49	7,39
4	16,52	2,6493	102	4,46	7,28
5	20,04	2,2404	110	4,48	7,32
6	21,52	2,0639	103	4,48	7,32
7	23,46	1,9074	112	4,46	7,28
8	26,48	1,7049	101 (²)	4,44	7,25
9	30,18	1,5236	203	4,49	7,32
10	34,40	1,3515	122	4,44	7,25
11	38,00	1,2485	123	4,46	7,28

3° Aux températures inférieures à — 61°, la structure hexagonale disparaît à nouveau; les diagrammes pris à — 72°, — 75° et — 120° C présentent le même aspect que le diagramme pris à — 19° C. Il faut d'ailleurs noter que même lorsque la structure hexagonale est très intense il est toujours possible de distinguer les raies peu intenses de l'autre structure sur les diagrammes.

Il semble donc que, immédiatement au-dessous du point de congélation, l'octanol 1 ait une première structure que nous n'avons pu déterminer. Entre — 20° et — 25° C apparaît, en superposition, une structure hexagonale, ce qui expliquerait les modifications apportées dans la valeur de la constante diélectrique. Cette structure hexagonale n'est stable que jusqu'aux environs de — 65° C, point au-dessous duquel on retrouve seule la première structure. Cette seconde transformation n'a pas apparu au cours des mesures diélectriques.

Des phénomènes de ce genre ont déjà été constatés avec les substances organiques. Dans le cas du méthane, dans un domaine étroit de température, autour de 20° K, des raies apparaissent, en plus des raies normales, dues au réseau cubique à faces centrées (²). Le sel de Seignette entre + 23°7 et — 18° C donne également lieu à des observations de ce genre (³).

Les mêmes expériences faites avec l'alcool secondaire octanol 2 ont montré que ce corps était à l'état amorphe.

(²) SCHALLAMACH, *Proc. Roy. Soc.*, **171**, 1939, p. 569.
(³) UBBELHODE et WOODWARD, *Proc. Roy. Soc.*, **185**, 1946, p. 448.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelles observations sur les propriétés adsorbantes du phosphomolybdate d'ammonium.* Note (*) MM. **C. Tourneux** et **C. Devin**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous nous proposons, dans cette seconde Note, de compléter le précédent exposé de nos observations sur les propriétés adsorbantes du phosphomolybdate d'ammonium.

1. Le pouvoir adsorbant de nos préparations variant en sens inverse de la dimension des cristaux, on pourrait penser que l'adsorption est superficielle et varie comme le rapport de la surface au volume de l'adsorbant. Un calcul élémentaire et les faits observés montrent qu'il n'en est rien. L'adsorption est intracristalline et sa variation avec les préparations doit avoir pour cause principale des différences d'homogénéité et non de taille des cristaux. Effectivement, les précipités qui adsorbent le plus sont ceux formés presque instantanément dans un mélange de réactifs concentrés, effectué le plus vite possible. Dans ces conditions, il semble évident que la cristallisation ne peut être que confuse. Les précipités de plus faible pouvoir adsorbant ont été, au contraire, formés dans les conditions qui nous ont paru le plus favorables à une cristallisation régulière. Nous avons admis : 1° que la condition essentielle était un accroissement des germes d'abord formés; 2° que cela implique qu'ils baignent dans une solution faiblement sursaturée, assez stable pour que de nouveaux germes n'y apparaissent pas; 3° que la stabilité d'une telle solution croît avec la solubilité des cristaux. Pratiquement, nous avons, pour augmenter la solubilité du phosphomolybdate, et, selon nos vues, la stabilité des solutions faiblement sursaturées, supprimé les additions de molybdate et de nitrate d'ammonium recommandées dans les traités de Chimie analytique. Et, pour obtenir une croissance lente et régulière des premiers germes, et éviter autant que possible qu'il s'en forme de nouveaux, nous introduisons très lentement (1 h 30 mn) le réactif précipitant (30 cm^3 de solution aqueuse contenant 5 g de NO_3H) au sein de la solution ammoniacale, diluée, de phosphomolybdate (2 g dans 350 cm^3), par un tube effilé, près de l'extrémité des pales d'une hélice tournant à 600 t : mn environ. Ainsi, les microcristaux baignent dans une solution dont la faible sursaturation est entretenue, et qui est sans cesse renouvelée à leur contact. Suivant nos prévisions, cette technique donne presque uniquement des microcristaux dont le pouvoir adsorbant plus faible; la perfection des formes et la transparence attestent la régularité de la structure.

2. Le phénomène d'adsorption intracristalline implique une structure

(*) Séance du 18 juin 1951.

comportant des vides, des interstices, accessibles aux molécules adsorbées. Barrer [1] exprime le volume interstitiel accessible aux molécules d'eau dans les zéolites par le rapport du volume de l'eau adsorbée (supposée liquide), au volume du cristal adsorbant. Il trouve ainsi, pour diverses zéolites, des nombres compris entre 0,20 (analcite) et 0,50 (chabazite). Nous trouvons de la même manière, pour nos cristaux de phosphomolybdate, qui adsorbent $5H_2O$ par molécule, un volume interstitiel 0,18 notablement plus petit que celui qui caractérise la chabasie. Mais, si l'on considère que le phosphomolybdate adsorbe également des corps organiques acycliques isomères, normaux et iso, et que la chabasie n'adsorbe que les premiers, on doit conclure que les sections des canalicules sont plus grandes dans les cristaux de phosphomolybdate, bien que le volume des interstices soit plus petit.

3. Le caractère spécifique (chimique) de l'adsorption ressort nettement des comparaisons suivantes : l'oxygène et l'azote, fortement adsorbés par la chabasie, ne le sont pratiquement pas par le phosphomolybdate. La chabasie adsorbe aussi beaucoup plus de CO_2 que ce dernier. Cependant, les pouvoirs adsorbants pour l'eau sont peu différents.

4. L'adsorption par le phosphomolybdate de la plupart des corps organiques sur lesquels nous avons expérimenté, des alcools en particulier, présente un caractère très spécial : elle est suivie d'un changement de couleur des cristaux. Au cours de l'adsorption, ou seulement un certain temps après qu'elle est achevée (et dans ce dernier cas, sans changement de poids), la couleur des cristaux passe du jaune au vert plus ou moins foncé. Le verdissement, presque immédiat avec l'alcool butylique secondaire, n'apparaît avec l'alcool éthylique que 24 h environ après que l'adsorption a cessé, lorsque les cristaux sont laissés dans l'atmosphère de vapeurs d'alcool. Cette couleur verte, caractéristique d'un degré d'oxydation du molybdène < 6, indique une réduction du phosphomolybdate couplée avec une oxydation de l'adsorbat; et, puisque le poids ne varie pas pendant le verdissement lorsqu'il ne se produit qu'après la fin de l'adsorption, il faut que le produit oxydé reste adsorbé ou ne soit pas volatil. L'adsorption de corps oxydés : CO_2, acides formique et acétique, n'est suivie d'aucun changement de couleur.

5. L'adsorption et l'oxydation consécutive de nombreux corps par le phosphomolybdate dépendent nettement de la structure de ce composé : d'après les spectrogrammes X, les cristaux sont, en effet, du type ionique, et l'anion $(PMo_{12}O_{40})^{\equiv}$ est formé de couches d'atomes répartis sur des sphères concentriques autour de l'atome central P. Celui-ci, avec une première couche de 4 atomes O, constitue l'ion $PO_4^{\equiv}$, tétraédrique. Autour,

---

(1) *J. Chem. Phys.*, 47, 1950, p. 84.

12 Mo, sur une 2e sphère (aux sommets d'un cubo-octaèdre), sont liés entre eux, deux à deux, par l'intermédiaire de 24 atomes O, dicoordinés (sur une 3e sphère). Enfin, 12 O, monocoordinés chacun à 1 Mo, sont à la périphérie de l'ion, sur une 4e sphère (aux sommets d'un cubo-octaèdre homothétique du précédent). La formule $PO_4^{IV}Mo_{12}^{VI}O_{24}^{II}O_{12}^{I}$ exprime bien cette structure en couches concentriques. Les 12 O périphériques, monocoordinés, sont évidemment responsables de l'adsorption et de l'oxydation consécutive. L'adsorption apparaît ici nettement comme la première phase de la formation d'une liaison plus forte.

Nous avons présenté, dans cette Note et dans la précédente, les premiers résultats d'une étude que l'un de nous poursuit actuellement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les succions observables par interversion des réactifs de Liesegang, et sur l'existence de succions de précipitation.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Charles Mauguin.

Par dépôt de $Cr_2O_7K_2$ sur gélatine imprégnée de NO_3Ag, et indépendamment des conditions de précipitation, s'établit, autour de l'auréole de diffusion de $Cr_2O_7K_2$, un appauvrissement éventuellement complet du gel en NO_3Ag, dans une couronne au travers de laquelle des succions sont susceptibles de se poursuivre.

Un précédent travail, sur l'effet de bord des anneaux de Liesegang (1), a mis en évidence une succion chimique de $Cr_2O_7K_2$ dans une couronne extérieure à l'auréole de diffusion de NO_3Ag, et dont la largeur a pu être déduite de considérations métriques. Par interversion des deux réactifs, une étude parallèle de la succion de NO_3Ag, extérieure à l'auréole de diffusion de $Cr_2O_7K_2$, a été présentement entreprise. Elle a révélé que, dans le système de double décomposition NO_3Ag—$Cr_2O_7K_2$, des succions sont observables en dehors des conditions de précipitation effective.

La zone de succion a l'avantage d'être directement visible, après exposition convenable de la préparation à la lumière. Selon la teneur de la gélatine en NO_3Ag, deux cas sont à distinguer.

Premier cas : La concentration de NO_3Ag *dans le gel est assez élevée pour assurer la précipitation.*

Les anneaux rougeâtres, provoqués par le dépôt de $Cr_2O_7K_2$ sur la couche de gel, sont exempts du tapis secondaire sous-jacent qui caractérise l'autre choix des réactifs, et dans les intervalles de ces anneaux, on aperçoit le gel appauvri en NO_3Ag. L'appauvrissement, cependant, ne se confine pas à la figure de précipitation elle-même. Son extension, au delà du dernier anneau, révèle que la véritable superficie du gel, intéressée par la réaction, dépasse de beaucoup la superficie intéressée par la seule précipitation.

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1359.

Autour de l'auréole de diffusion de $Cr_2O_7K_2$, l'appauvrissement du gel en NO_3Ag peut devenir suffisant pour donner lieu à une couronne incolore, qui reste parfaitement limpide et transparente après exposition à la lumière, s'opposant par là à l'auréole, colorée par les sels chromiques, et au reste de la préparation, qui noircit à la lumière. Cette couronne ne renferme manifestement ni sels chromiques, ni nitrate d'argent. Le bichromate n'y a pas encore pénétré, mais en a pourtant enlevé le nitrate d'argent, par une sorte de succion à distance.

La couronne d'appauvrissement, dont la mesure précise reste délicate, en raison des dégradés, s'élargit en même temps que le domaine des anneaux. La répartition de matière, à laquelle elle donne lieu, se complique éventuellement d'amas, en bourrelets plus ou moins épais.

Deuxième cas : La concentration de NO_3Ag *dans le gel n'est pas assez élevée pour assurer la précipitation.*

Des essais analogues aux précédents ont été poursuivis dans des gels de dilution trop grande pour que la précipitation soit possible. On constate encore, cependant, un appauvrissement éventuellement complet du gel, entre l'auréole de diffusion de $Cr_2O_7K_2$ et le reste de la préparation, qui noircit à la lumière. Comme précédemment, au travers de la couronne limpide, NO_3Ag se trouve entraîné en direction de la goutte.

La présente analyse montre donc que, dans le système de double décomposition NO_3Ag—$Cr_2O_7K_2$, des succions existent hors des conditions de précipitation. La non-apparition de composé nouveau ne saurait signifier, entre NO_3Ag et $Cr_2O_7K_2$ une indifférence absolue. Les actions chimiques proprement dites ne seraient pas les seules à considérer entre les antagonistes.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence du support sur la cristallisation des couches très minces d'or.* Note (*) de MM. **Antoine Colombani** et **Gaston Ranc**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans une Note précédente nous avons étudié à la *température ambiante* l'influence du support (cristal NaCl, plexiglas) sur la cristallisation des couches très minces d'or. Nous avons étendu cette étude à un plus grand nombre de supports cristallins et amorphes : KCl, KBr, NO_3Na, NaCl, rhodoïd, plexiglas, verre.

La technique expérimentale est la même : le dépôt d'or est obtenu par évaporation thermique dans un vide de l'ordre de 10^{-6}; son épaisseur est mesurée par étalonnage pondéral préalable dans l'enceinte d'évaporation [1].

(*) Séance du 25 juin 1951.

[1] A. Colombani et G. Ranc, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1344.

Les variations en fonction du temps de sa conductibilité électrique nous renseignent sur l'évolution de sa cristallisation.

La conductibilité est mesurée sous la plus faible tension possible (quelques volts) pour éviter tout risque de cristallisation parasite. On sait, dans ce cas, qu'aux très faibles épaisseurs la loi d'Ohm n'est pas vérifiée. Cependant, nous avons très nettement constaté que pour chaque dépôt, « l'épaisseur critique » qui marque le changement de sens d'évolution de la conductibilité est indépendante de la tension de mesure, du moins jusqu'à 200 V : cm.

Les nouveaux résultats confirment ceux que nous avons déjà présentés.

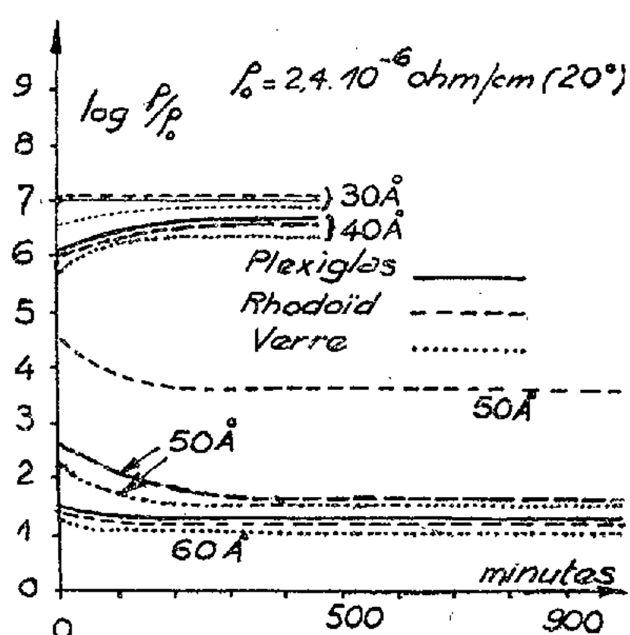


Fig. 1.

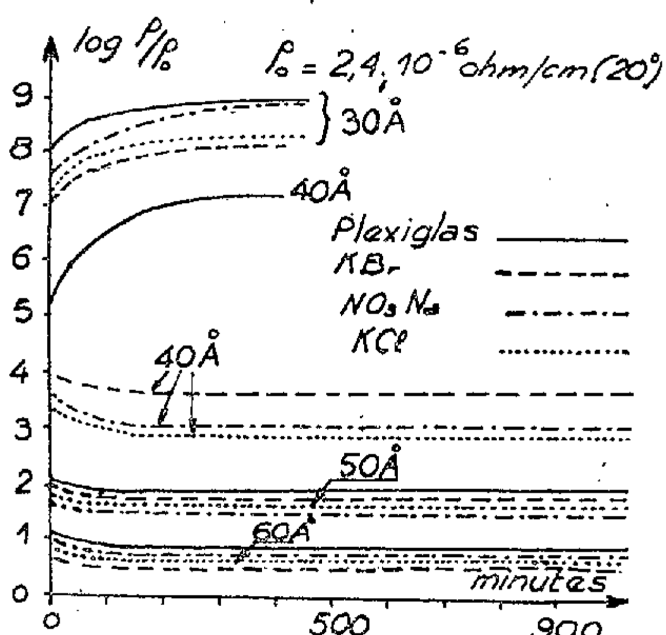


Fig. 2.

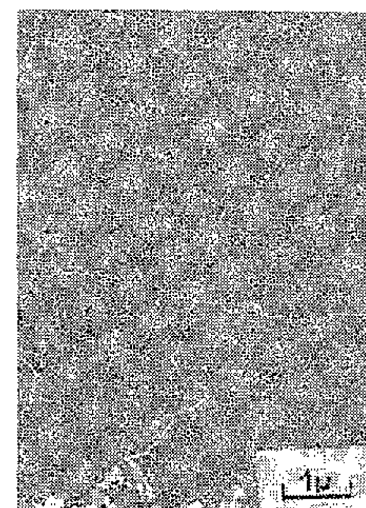


Fig. 3. — NaCl 40 Å.

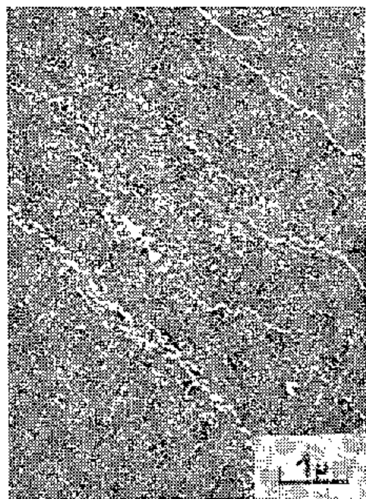


Fig. 4. — Na Cl 60 Å.

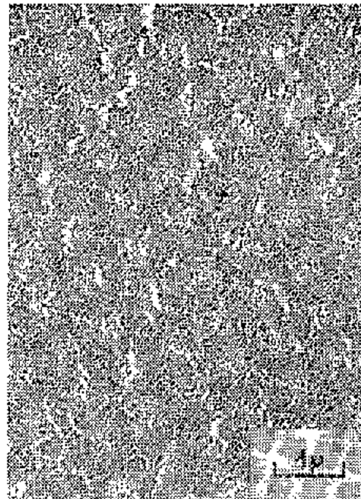


Fig. 5. — NO_3Na 40 Å.

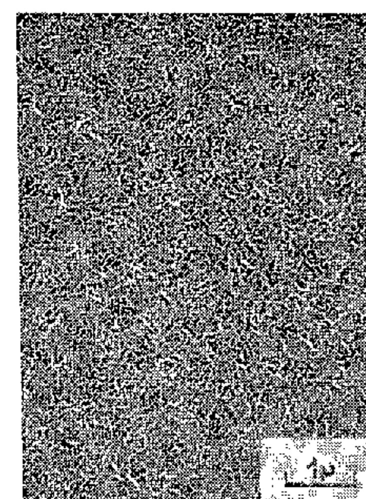


Fig. 6. — NO_3 Na 60 Å.

1° *Dépôts sur plexiglas, verre, rhodoïd* (*fig.* 1). — Au-dessous de 50 Å, l'évolution de la résistivité est fonction croissante du temps. Au-dessus de cette épaisseur, l'évolution est décroissante. Dans l'un et l'autre cas, elle atteint un palier stable (épaisseur minima étudiée, 25 Å).

2° *Dépôts sur cristal :* KCl, KBr, NaCl, NO_3Na (*fig.* 2). — Le changement de sens d'évolution se produit au voisinage de 30 Å.

Les faits suivants sont à retenir :

A. L'épaisseur à partir de laquelle l'évolution cristalline (décroissance de la résistivité en fonction du temps) apparaît est toujours plus faible sur support orienté (11 ou 12 couches atomiques) que sur support amorphe (au delà de 16 couches).

B. A épaisseur égale, la résistivité d'un dépôt d'or (cubique) sur un support cubique ($\sim$ NaCl) ou rhomboédrique ($\sim$ NO_3Na) est *toujours inférieure* à celle du dépôt sur support amorphe (plexiglas, verre, rhodoïd).

C. A épaisseur égale pour tous ces cristaux, les résistivités sont très comparables.

D. A épaisseur égale, les dépôts sur plexiglas et rhodoïd ont des résistivités comparables et, en général, supérieures à celle du dépôt sur verre.

E. Les profondeurs d'évolution sont toujours plus importantes sur support amorphe que sur support orienté (à épaisseur égale). Ceci est évidemment dû à la différence de grandeur des forces d'adsorption des supports, aux actions d'orientation cristalline, et à « l'influence ionique » (2).

Les clichés que nous avons obtenus au microscope électronique se rapportent aux épaisseurs 60 Å et 40 Å pour des dépôts sur NaCl et NO_3Na (pouvoir séparateur du microscope $s = 60$ Å, grossissement 15 000). Les observations ont été faites sur les couches séparées du support. Les taches ou traits blancs ne sont dus qu'à des effets de tension de la membrane de collodion-support.

Les figures 3 à 6 révèlent la présence d'une multitude de microcristaux (détachés en noir) dont les dimensions moyennes varient de 500 Å pour l'épaisseur 60 Å (certains atteignant 1000 Å à cette épaisseur) à 150 Å pour l'épaisseur 40 Å. D'autre part, leur nombre diminue fortement quand décroît l'épaisseur.

Les clichés pour KCl, KBr conduisent aux mêmes observations.

Enfin, l'aspect des dépôts sur support amorphe ne nous permet pas, au-dessous de l'épaisseur 50 Å, de conclure à l'existence de microcristaux ($s = 60$ Å).

L'ensemble de nos résultats concorde avec les remarquables travaux d'Appleyard et Lowell sur les dépôts alcalins et avec ceux d'Andrade. Nous espérons en donner une interprétation théorique à partir des théories de Fuchs et Lennard-Jones (1).

---

(2) LONDON, *Z. physik. chem.*, B, II, 1930, p. 222.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la position du point $A_{r''}$ (1) dans les aciers inoxydables au chrome-nickel et son déplacement par écrouissage.* Note (*) de MM. **Paul Bastien** et **Jacques Dedieu**, présentée par M. Albert Portevin.

Les aciers à 18 % de chrome et 8 % de nickel hypertrempés conservent une structure austénitique à la température ambiante. Sans intervention d'écrouissage, une transformation $\gamma \to \alpha$ ne peut se produire thermiquement que vers 500° et après des maintiens de l'ordre de deux ans (2). A la température ambiante et en dessous, les transformations du type à diffusion sont donc complètement inhibées en raison de l'extrême ralentissement des phénomènes mis en jeu. Des transformations sans diffusion et à caractère instantané, du type martensitique, restent par contre possibles et leur apparition a été étudiée par nous par voie dilatométrique et magnétique.

Dans ce but, nous avons utilisé la gamme d'alliages au chrome-nickel qui précédemment (3) nous a permis de mettre en évidence un rôle important du nickel dans la transformation $\gamma \to \alpha$ par étirage à froid.

C.	N.	Ni.	Cr.	Mn.
0,043	0,030	4,25	18,9	0,39
0,049	0,034	6,02	18,9	0,35
0,044	0,031	7,99	18,8	0,34
0,035	0,028	10	18,3	0,41
0,033	0,031	11,35	18,6	0,40

Caractères de la transformation du type martensitique par voie thermique. — Nous avons tout d'abord constaté le phénomène de stabilisation de l'austénite; l'acier à 8 % de nickel, par exemple, ayant séjourné un an à la température ambiante, après son traitement d'hypertrempe, ne donne pas de transformation $\gamma \to \alpha$ lorsqu'on le plonge dans l'air ou même dans l'azote liquides.

Par contre, si l'hypertrempe ne date que d'un mois et *a fortiori* de quelques heures, des transformations $\gamma \to \alpha$ ont lieu. Plus la température d'austénisation est élevée et moins la proportion d'austénite transformée à une température donnée est importante. Enfin, la localisation, à l'aide de la micrographie sur échantillons magnétisés (4), des zones transformées montre que la martensite des aciers 18/8 n'a pas l'aspect aiguillé des martensites carburées et qu'elle se produit dans les bandes maclées extrêmement nombreuses et formées méca-

(*) Séance du 18 juin 1951.

(1) Désigné également maintenant par point M_s.

(2) H. D. Newell, *Amer. Petroleum Inst.*, avril 1931 et *The book of Stainless Steels* (A.S.M. 1935).

(3) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 862.

(4) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 862-864 et *Génie civil*, **127**, 1950, p. 469.

niquement au cours de la contraction par refroidissement à basse température de l'austénite mère.

La figure 1, obtenue par dilatométrie et par immersion directe dans des gaz liquéfiés, donne la courbe d'abaissement de $A_{r'''}$ en fonction de la teneur en nickel (traitement préalable des échantillons immédiatement avant les expériences : chauffage à 870° à 24° par heure et refroidissement à 300° par heure) : l'abaissement moyen de $A_{r'''}$ est de 55° C environ pour une augmentation de 1 % de la teneur en nickel.

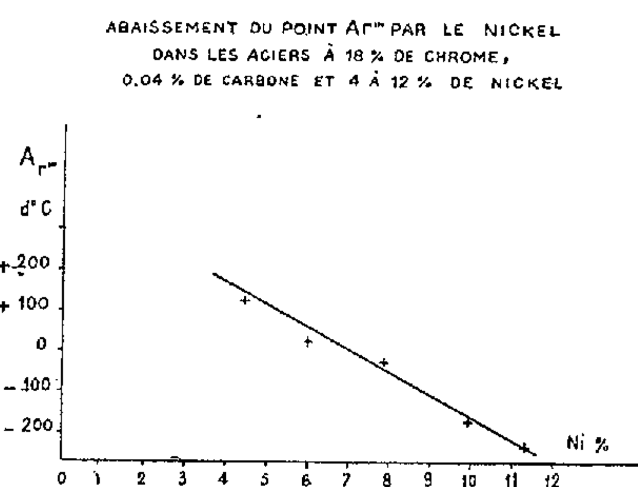


Fig. 1.

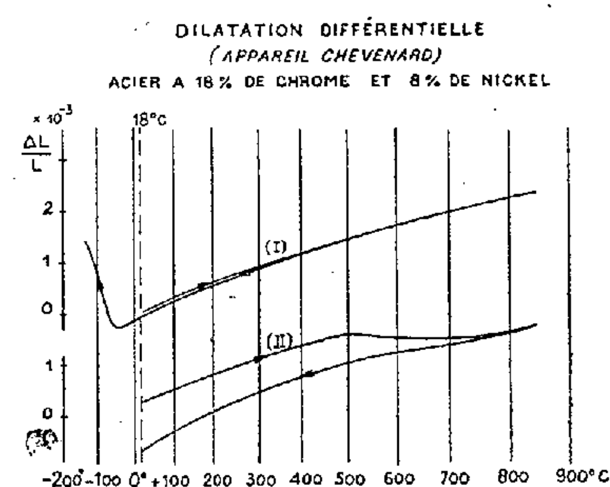


Fig. 2.

La figure 2 donne en (I) la courbe dilatométrique ([5]) au refroidissement d'un des aciers de la gamme (Cr = 18 % ; Ni = 8 %), fraîchement hypertrempé, mettant clairement en évidence le point $A_{r'''}$ et en (II) la courbe

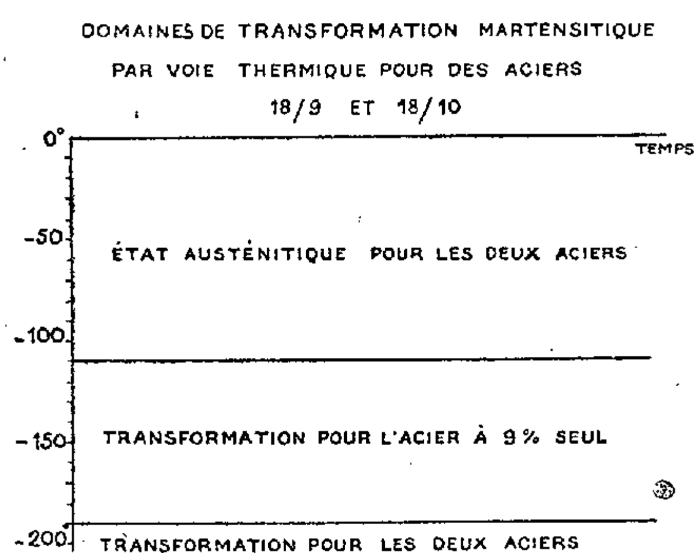


Fig. 3.

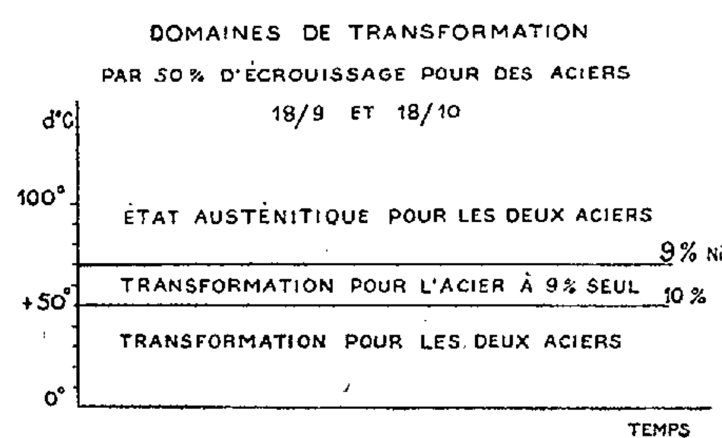


Fig. 4.

dilatométrique de revenu. Jusqu'à 580°, on a la dilatation monotone d'un mélange $\gamma + \alpha$; à partir de 580° et jusqu'à 850°, la courbe s'infléchit et correspond ensuite, au refroidissement, à la contraction d'une austénite. Cette transformation de revenu, globalement caractérisée par une évolution $\alpha \to \gamma$, se produit dans la même zone de température pour les différents aciers étudiés.

([5]) Études faites sur un dilatomètre Chevenard, muni d'un réfrigérateur alimenté en air ou en azote liquide, conçu et réalisé par nos soins.

Déplacement par écrouissage du point $A_{r'''}$. — Les austénites à 8, 10 et 12 % de nickel, dont les points $A_{r'''}$ sont situés à —40°, —185° et —250° C environ, peuvent être transformées partiellement en phase α par écrouissage à une température notablement plus élevée (*fig.* 3 et 4). C'est, par exemple, le cas d'une compression statique réduisant à 50 % de leur hauteur les éprouvettes préalablement trempées à l'eau après chauffage de 2 h à 900°. A —15° C, la transformation a encore lieu dans ces trois alliages. Par contre, il est remarquable que, dans des conditions initiales identiques, elle cesse à +90°, +50° et +30 °C respectivement.

Ainsi, tout travail de déformation susceptible d'échauffer les éprouvettes de ces alliages, par étirage par exemple, peut élever la température jusqu'à limiter ou supprimer la réaction $\gamma \to \alpha$ à l'écrouissage, ce qui explique la discontinuité précédemment signalée par nous du comportement d'alliages voisins écrouis par étirage à travers une filière (4).

Remarque de M. Albert Portevin *au sujet de la précédente Note.*

M. Albert Portevin tient à souligner que la Note de MM. Paul Bastien et Jacques Dedieu apporte une preuve nouvelle d'une modification qui se produit pendant la période dite d'incubation de l'austénite hors d'équilibre, période pendant laquelle aucun des procédés d'investigation dont nous disposons n'avait permis de déceler la moindre modification. Déjà le fait que la durée d'incubation d'une austénite donnée est fonction définie de la température et surtout la constatation de l'additivité des temps d'incubation trouvée avec M. Jolivet (6) indiquait bien qu'il y avait évolution de cette austénite pendant cette période; mais la différence très nette de comportement, au point de vue transformation $A_{r'''}$, entre une austénite fraîche et une austénite ayant séjourné un an à l'ambiante, comme il est mentionné dans cette Note, apparaît encore plus démonstrative.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Cémentation de cristaux uniques de fer.* Note (*) de MM. **Jean-Jacques Trillat** et **Shiguéo Oketani**, transmise par M. Albert Portevin.

Dans des publications antérieures (1) nous avons montré comment la diffraction électronique permettait de suivre les diverses étapes du pro-

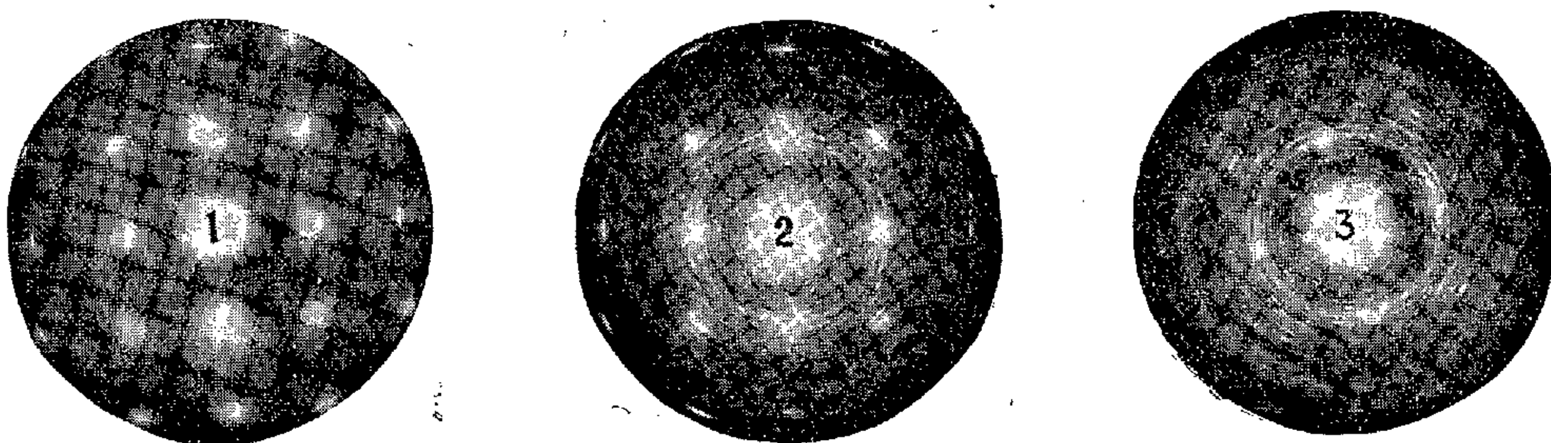
(6) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 250.

(*) Séance du 25 juin 1951.

(1) J.-J. Trillat et S. Oketani, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2203; *Métaux et Corrosion*, n° **302**, 1950; J.-J. Trillat et S. Oketani, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1116; J.-J. Trillat et S. Okétani, *Métaux et Corrosion*, n° **308**, 1951, p. 145.

cessus de cémentation en phase gazeuse, en partant de films de fer très minces auxquels on fait subir toute la série des opérations de cémentation. Nous avons également montré l'influence de l'hydrogène mélangé à l'oxyde de carbone, et déterminé les conditions de formation du percarbure Fe_2C, de la cémentite Fe_3C, du graphite et des oxydes de fer. Dans toutes ces expériences, le film de fer initial était constitué de *microcristaux sans orientation privilégiée* et donnait lieu à des anneaux de Debye-Scherrer parfaitement réguliers.

Il était important, en se basant sur ces résultats, de rechercher le comportement de *cristaux uniques de fer*, auxquels on ferait subir toute la gamme des opérations de cémentation en présence de $CO + H_2$ (volumes égaux). Dans ce but, nous avons d'abord mis au point la technique de préparation de films de fer très minces et unicristallins; on obtient ceux-ci en effectuant dans le vide un dépôt thermique de fer sur une face (001) fraîchement clivée de sel gemme, le cristal NaCl étant porté à la température de 600°C. Le dépôt de fer, après dissolution du support, est ensuite recuit dans l'hydrogène pendant une heure à 700° C; on obtient alors des films qui, examinés par diffraction électronique, apparaissent comme formés entièrement d'un cristal unique de fer α dont la face (001) constitue la surface de l'échantillon et est orientée parallèlement aux plans (001) du NaCl (*fig.* 1).



Ces préparations sont ensuite soumises, durant une heure, à l'action de $CO + H_2$ dans les mêmes conditions que dans nos essais antérieurs et à la température de 500°C.

Les diagrammes électroniques montrent un fait important, à savoir que, sur cristaux uniques de fer, la cémentite Fe_3C est également orientée, ce qui n'était jamais le cas pour des films de fer microcristallisés. Le cliché 2, obtenu pour une cémentation de 1 h à 500°C, montre clairement ce phénomène que nous avons également schématisé sur la figure 4.

L'étude détaillée des très nombreux clichés pris au cours de ces recherches permet de prouver que la cémentite Fe_3C (maille orthorhombique $a = 4{,}515$ Å — $b = 5{,}078$ Å — $c = 6{,}729$ Å) s'oriente au début de sa formation de façon à ce qu'un plan (111) soit parallèle au plan (001)

du fer α avec simultanément un plan $(1\bar{2}1)$ parallèle au plan (110) du fer. Cette orientation est susceptible d'une oscillation de 5° environ par rapport à la direction [111] de Fe_3C; les calculs montrent qu'il est alors possible d'expliquer ainsi les diagrammes obtenus.

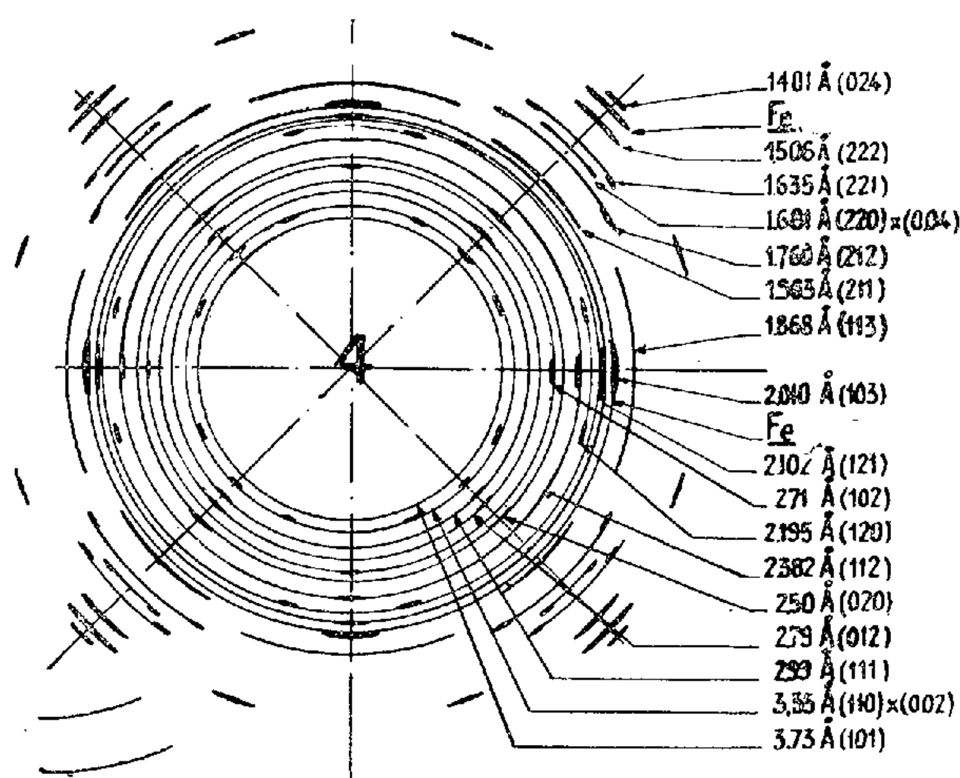


Fig. 4.

Les cristaux de cémentite formés dans ces conditions sont très petits et, sur un diagramme tel que celui de la figure 2, contribuent à la diffraction avec leurs orientations respectives; leur dimension doit être comprise entre 1 et 10 μ.

Si l'on effectue la cémentation à 500°C durant 2 h et plus, on constate que les secteurs correspondant aux cristaux de cémentite s'allongent (cliché 3), et finalement on obtient des anneaux complets identiques à ceux observés toujours à partir de films polycristallins. Ce phénomène est en bon accord avec le fait qu'il est difficile d'obtenir des cristaux uniques de cémentite avec du *fer pur*, ne contenant pas en particulier de manganèse.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude des désorientations internes au cours de la déformation plastique d'un monocristal métallique.* Note de MM. **Jean Hérenguel** et **Pierre Lelong**, présentée par M. Albert Portevin.

Nous avons déjà montré que la vitesse d'oxydation anodique des alliages Al-Mg dépend de deux facteurs : la composition locale de la solution solide ([1]) et l'orientation de la face cristalline soumise au traitement d'oxydation ([2]). Or, si l'on soumet à ce traitement un échantillon poly-

([1]) J. Hérenguel et R. Segond, *Revue de Métallurgie*, **46**, 1949, p. 377.
([2]) J. Hérenguel et P. Lelong, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2218.

cristallin d'alliage Al-Mg parfaitement homogénéisé, mais écroui, on peut observer à la surface de certains grains des striations comme le montre la figure 1. Une coupe perpendiculaire à la surface de l'échantillon montre qu'il s'agit d'une variation dans l'épaisseur du film d'alumine, cette variation étant produite par des différences de vitesse d'oxydation.

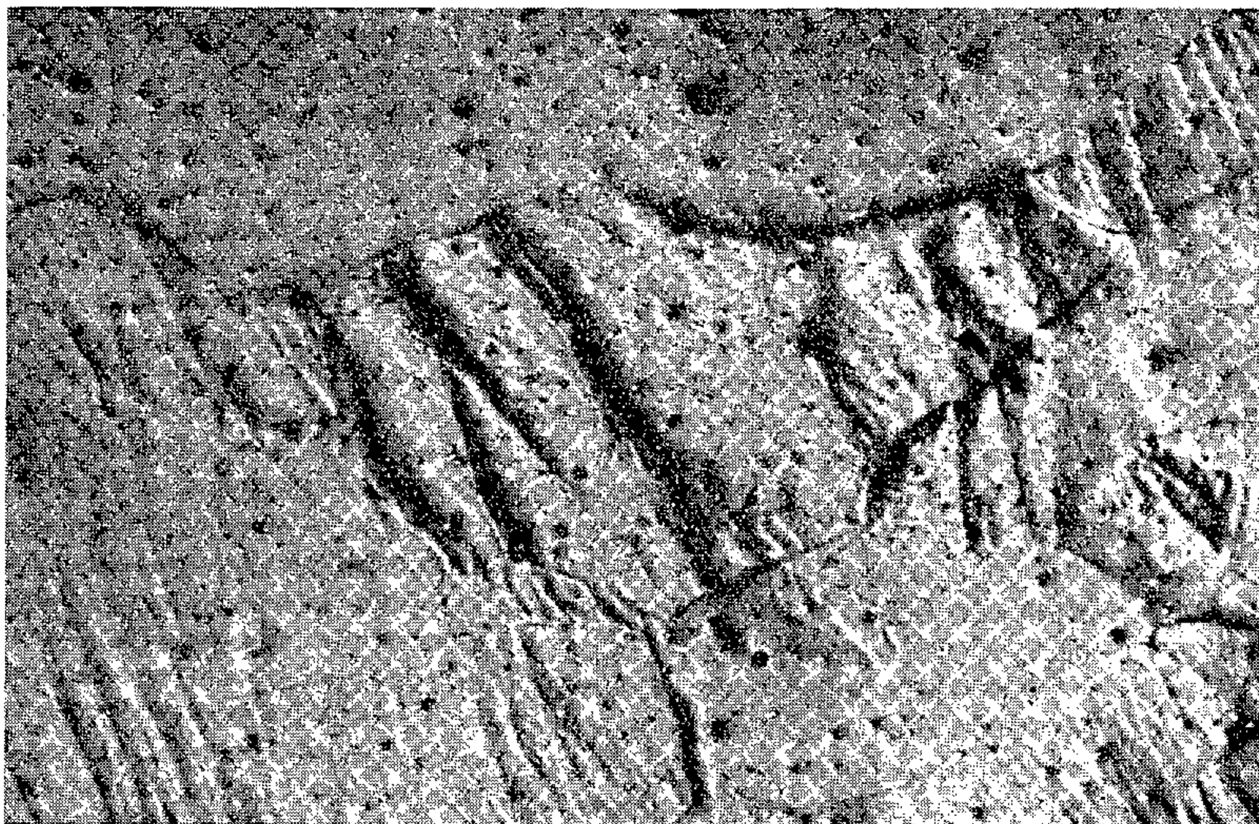


Fig. 1. — Alliage Al-Mg à 3 % homogène, oxydé anodiquement après un écrouissage de 67 %. G = 110.

On peut donc expliquer ce phénomène par des désorientations provoquées par la déformation plastique. Nous avons alors abordé cette étude d'une manière quantitative par l'observation des figures d'attaque obtenues au moyen du réactif de Lacombe. Nous faisons remarquer que nous avons déjà utilisé cette méthode pour l'analyse des textures de solidification en macle ([3]) et de recristallisation d'aluminium ([4]).

Un monocristal d'alliage aluminium-magnésium à 3 % (aluminium de titre 99,99 %) corroyé, recuit et parfaitement homogène a été laminé à froid de 5 à 3 mm [écrouissage $[(E - e)/e] \times 100 = 67\,\%$]. Après un polissage électrolytique et une attaque au réactif indiqué, on peut voir, comme le montre la figure 2 à faible grossissement (G = 5) des zones alternativement fortement et faiblement attaquées, se groupant en bandes parallèles, suivant quatre directions. L'une d'entre elles (n° 2 de la figure 2) est parallèle à la trace d'un plan (111) du cristal d'origine. A plus fort grossissement (G = 600 par exemple), on constate que les zones sombres portent des figures nombreuses et sensiblement identiques; sur les zones claires, les

([3]) J. Hérenguél et P. Lacombe, *Comptes rendus*, **226**, 1949, p. 846.

([4]) J. Hérenguel, *Revue de Métallurgie*, **45**, 1948, p. 505.

figures sont différentes des précédentes et beaucoup moins nombreuses. Le monocristal a donc été fragmenté en zones de faible étendue suivant deux systèmes différents.

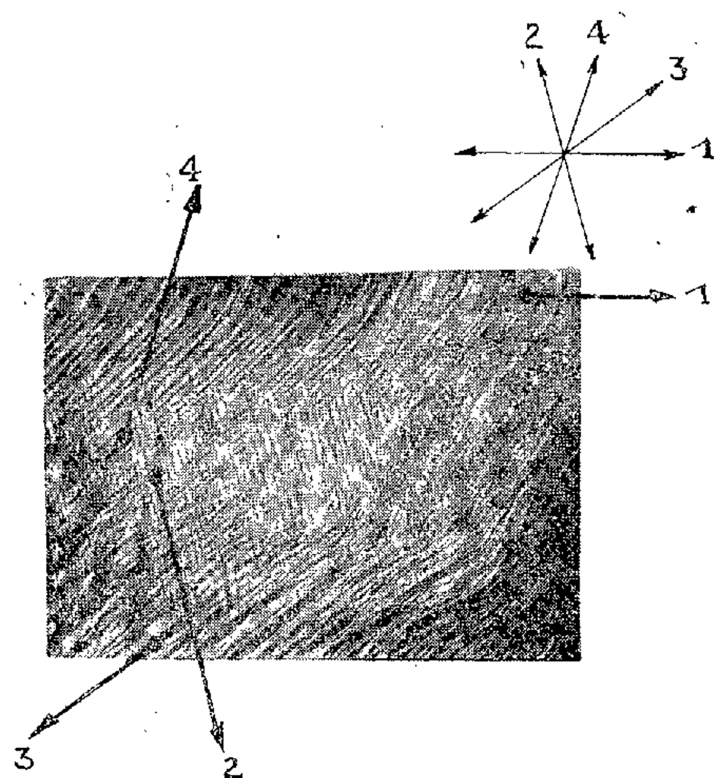


Fig. 2. — Monocristal d'Al-Mg à 3 % écroui et attaqué au réactif de Lacombe. G = 5.

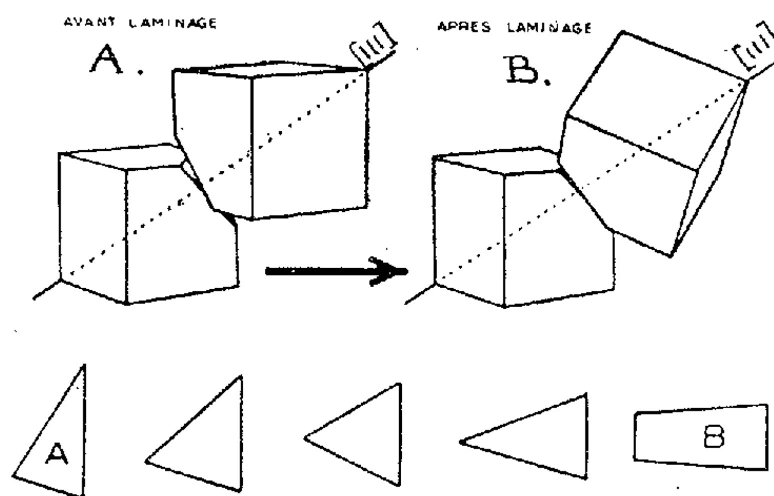


Fig. 3. — Figures d'attaques du monocristal écroui. Position de macle (A et B) et intermédiaires.

Au microscope à platine tournante, nous avons relevé les angles d'attaque des deux systèmes fondamentaux : nous avons pu constater qu'ils étaient sensiblement en position de macle (axe [111] commun à moins de 7° près). En outre, nous avons pu observer l'existence de transitions entre ces orientations. Fréquemment, des figures de corrosion de forme et d'orientation intermédiaires entre les deux extrêmes se groupent à leurs limites en bandes parallèles. Le raccordement se fait parfois par plusieurs « paliers » intermédiaires, la zone de transition atteignant alors 150 à 200 μ. Mais le passage d'une orientation à l'autre peut aussi être assez brusque. Le relevé des angles des figures intermédiaires établit qu'elles correspondent à une rotation progressive autour de l'axe [111] commun aux deux systèmes extrêmes en macle. Le schéma de la figure 3, montre toutes les figures relevées sur l'échantillon étudié, de la position initiale A à la position finale B.

Le même échantillon a été repoli et soumis à une oxydation anodique de courte durée donnant des couleurs d'interférence. Chacun des deux systèmes apparaît alors avec sa teinte propre, et les zones de raccordement sont clairement mises en évidence par des teintes intermédiaires.

CHIMIE THÉORIQUE. — *A propos du moment dipolaire du fulvène.* Note (*) de M. **José-Ignacio Fernandez Alonso**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'introduction des intégrales de résonance entre carbones non adjacents modifie nettement la valeur du moment polaire calculée par la méthode des orbitales moléculaires (L. C. A. O.).

C. A. Coulson et H. C. Longuet Higgins ([1]) ont montré que dans la méthode usuelle des orbitales moléculaires le diagramme du fulvène est le suivant (*fig.* 1). Le moment dipolaire correspondant est 4,8 D. Cette valeur est quatre fois supérieure à la valeur estimée à partir des mesures expérimentales portant sur des dérivés du fulvène ([2]).

G. Berthier et B. Pullman ([3]) ont refait le calcul L. C. A. O., mais en adoptant $\beta = 1$ pour les liaisons relativement courtes et $\beta = 0,8$ pour les liaisons relativement longues. Ils ont ainsi calculé un moment polaire de 3D.

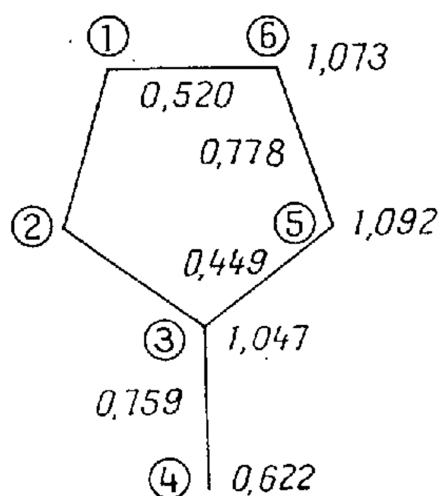


Fig. 1.

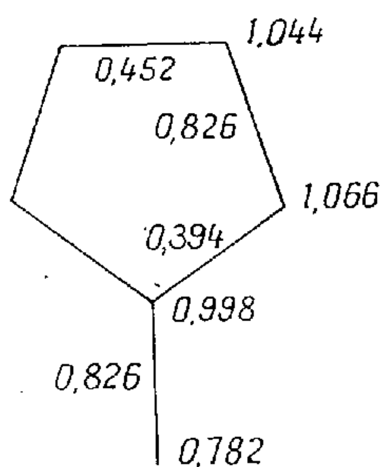


Fig. 2.

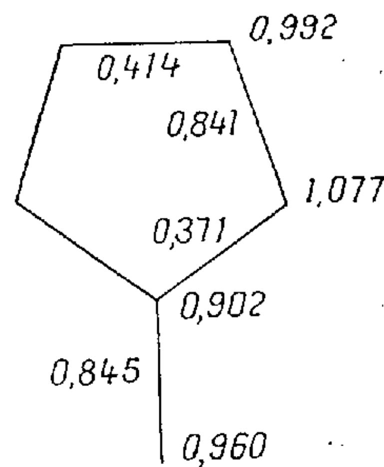


Fig. 3.

G. W. Wheland et D. E. Mann ([2]) ont utilisé une méthode d'itération où ils ont fait varier à la fois α et les β, prenant les charges apparentes pour corriger les α. Ils ont obtenus 1,9 D.

Nous avons repris des calculs de ce type, mais selon une méthode moins arbitraire.

Partant du diagramme de Coulson et Longuet-Higgins, les indices de liaisons permettent d'évaluer les distances interatomiques. (Nous avons utilisé une courbe du type de Pauling ([4]) modifiée par Daudel ([5])). Une relation de R. S. Mulliken ([6]) permet alors d'évaluer les nouveaux β.

(*) Séance du 18 juin 1951.

([1]) *La Revue Scientifique*, **85**, 1947, p. 929.

([2]) *J. Chem. Phys.*, **17**, 1949, p. 264.

([3]) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 16, 1949, p. *D*-457.

([4]) *The Nature of the Chemical Bond, Cornell University Press*, 1945.

([5]) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, **15**, 1948, p. 343.

([6]) *J. Chim. Phys.*, **46**, 1949, p. 497.

En ce qui concerne les α, nous avons appliqué la méthode de l'effet de charge [7], [8]. Celle-ci donne des corrections trois fois plus faibles que celles de Wheland et Mann mais supprime une partie du caractère arbitraire de leur procédé.

Le diagramme obtenu est visible sur la figure 2 et conduit à un moment de 2,87 D.

Jusqu'à présent tous les auteurs avaient négligé les intégrales β entre carbones non adjacents. A. Laforgue [9] a signalé qu'elles devraient intervenir dans le moment polaire. Reprenant le diagramme de Coulson et Longuet-Higgins comme point de départ et admettant la proportionnalité des β aux intégrales de recouvrement [6] et pour ces dernières les valeurs de R. G. Parr et B. L. Crawford [10] nous avons adopté les β suivants :

Liaison.	Distance (Å).	β.	Liaison.	Distance (Å).	β.
1-2	1,367	1,04	2-6	2,250	0,21
1-3	2,250	0,21	3-4	1,370	1,04
1-4	3,600	0,006	3-5	1,438	0,93
1-5	2,250	0,21	3-6	2,250	0,21
1-6	1,421	0,96	4-5	2,550	0,12
2-3	1,438	0,93	4-6	3,600	0,006
2-4	2,550	0,12	5-6	1,367	1,04
2-5	2,350	0,18			

Les α étant toujours choisis d'après la théorie de l'effet de charge, on arrive au diagramme de la figure 3 qui correspond à un moment polaire de 0,72 D.

Il y aurait maintenant lieu de tenir compte des interactions de configuration [11]. Mais dès maintenant ce travail souligne l'*importance considérable des intégrales β entre atomes non adjacents*. De nombreux calculs, en tenant compte, sont en cours.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux dérivés de l'acide dithiocarbamique N-disubstitué*. Note de M. **Pierre Chabrier** et Mlle **Germaine Nachmias**, transmise par M. Marcel Delépine.

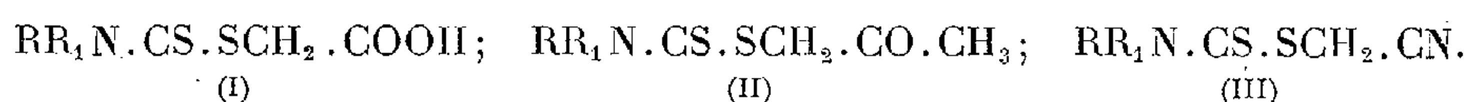
Les auteurs décrivent de nouveaux dérivés de l'acide dithiocarbamique N-disubstitué de la forme $RR_1NCS.SCH_2.CN$ et étudient quelques propriétés du groupement nitrile — CN.

Les acides dithiocarbamiques de formule générale $RR_1N.CS.SH$ donnent

(7) P. et R. Daudel, *J. Phys.*, **7**, 1946, p. 12.
(8) A. Laforgue, *J. Chim. Phys.*, **46**, 1949, p. 568.
(9) *J. Chim. Phys.*, **48**, 1951, p. 17.
(10) *J. Chem. Phys.*, **16**, 1948, p. 1049.
(11) C. Sandorfy, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2449.

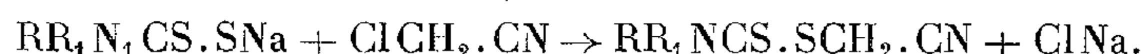
facilement des thioéthers par action des halogénures d'alcoyle comme l'a montré M. Délépine [1].

Le choix des radicaux offrait jusqu'ici peu de variété. Dans de précédentes Notes [2], [3] nous avons décrit la préparation et quelques propriétés de nouveaux dérivés de l'acide dithiocarbamique N-disubstitué de formules générales (I) et (II). L'objet de cette Note est de décrire la méthode d'obtention et les propriétés des composés de la forme (III)



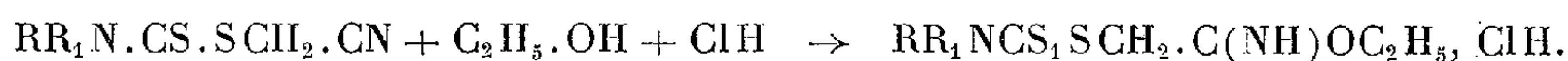
$$RR_1N.CS.SCH_2.COOH\ (I);\quad RR_1N.CS.SCH_2.CO.CH_3\ (II);\quad RR_1N.CS.SCH_2.CN\ (III).$$

Esters N-dialcoyl S-cyanométhyl de l'acide dithiocarbamique. — Ces composés s'obtiennent aisément par action à froid en milieu aqueux du monochloracétonitrile sur le sel de sodium d'un acide dithiocarbamique N-disubstitué



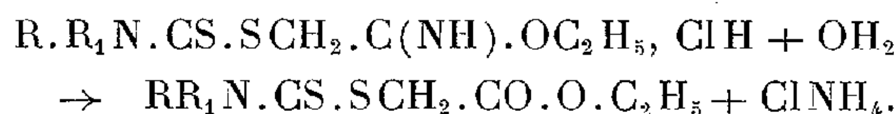
$$RR_1N_1CS.SNa + ClCH_2.CN \rightarrow RR_1NCS.SCH_2.CN + ClNa.$$

Les esters N-dialcoyl S-cyanométhyl de l'acide dithiocarbamique se présentent sous forme cristalline, ils s'hydratent aisément sous l'action des acides minéraux concentrés en conduisant aux acides correspondants (I). L'action de l'acide chlorhydrique sec et de l'éthanol absolu en milieu benzénique anhydre conduit aux chlorhydrates d'iminoesters



$$RR_1N.CS.SCH_2.CN + C_2H_5.OH + ClH \rightarrow RR_1NCS_1SCH_2.C(NH)OC_2H_5,\ ClH.$$

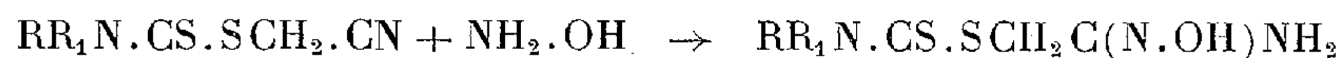
Ces chlorhydrates d'iminoesters, s'hydrolysent rapidement en milieu aqueux en se transformant en esters éthyliques de l'ester N-dialcoyl S-éthyloïque de l'acide dithiocarbamique.



$$R.R_1N.CS.SCH_2.C(NH).OC_2H_5,\ ClH + OH_2 \rightarrow RR_1N.CS.SCH_2.CO.O.C_2H_5 + ClNH_4.$$

On peut toutefois isoler l'iminoester de son chlorhydrate en traitant ce dernier en solution aqueuse à 0° par une solution de carbonate de sodium, en présence d'éther qui extrait l'iminoester libéré. Il n'a pas été possible d'obtenir les amidines par action de l'ammoniac ou de différentes amines sur le chlorhydrate d'iminoester; nous avons toujours obtenu des produits résineux colorés.

Par contre, l'hydroxylamine réagit aisément sur les esters N-dialcoyl S-cyano-méthyl de l'acide dithiocarbamique en milieu alcoolique en présence de pyridine pour conduire aux amidoximes



$$RR_1N.CS.SCH_2.CN + NH_2.OH \rightarrow RR_1N.CS.SCH_2C(N.OH)NH_2$$

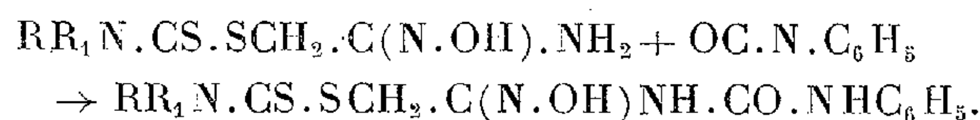
---

(1) *Ann. Chim. et Phys.*, 7e série, **29**, 1903, p. 94.

(2) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1118.

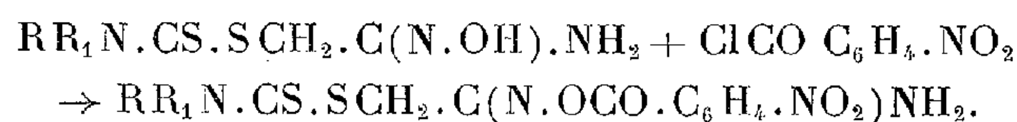
(3) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 758.

Ces amidoximes réagissent avec l'isocyanate de phényle pour conduire à l'urée disubstituée suivant la réaction décrite par Tiemann ([4]).



$$RR_1N.CS.SCH_2.C(N.OH).NH_2 + OC.N.C_6H_5 \rightarrow RR_1N.CS.SCH_2.C(N.OH)NH.CO.NHC_6H_5.$$

Soumises à l'action ménagée des chlorures d'acides en milieu pyridiné, les amidoxines s'acylent, selon l'équation déjà indiquée par Werner ([5]).



$$RR_1N.CS.SCH_2.C(N.OH).NH_2 + ClCO\ C_6H_4.NO_2 \rightarrow RR_1N.CS.SCH_2.C(N.OCO.C_6H_4.NO_2)NH_2.$$

L'action des anhydrides d'acide sur ces amidoxines ne conduit pas à des produits de cyclisation analogues à ceux décrits par Tiemann ([4]), mais provoque la destruction de la molécule.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de quelques combinaisons du germanium et de la choline.* Note de M[me] **Suzanne Valladas-Dubois**, M[lle] **Jeanne Brigando** et M. **Arakel Tchakirian**, présentée par M. Paul Lebeau.

Il a été mis en évidence et isolé le sel monobasique du monogermanate de choline. Sous l'action de l'alcool, ce corps se décompose pour donner un polygermanate de choline.

Les propriétés physiologiques de la choline et des dérivés de germanium ([1]) nous ont incités à étudier par une étude physico-chimique leurs réactions et à préparer des composés du germanium et de choline.

Étude physico-chimique. — Elle comporte la détermination des courbes de titrage de l'oxyde de germanium par la choline à l'aide de mesures électrométriques (électrode de verre) et conductimétriques.

Une solution de choline de l'ordre M est ajoutée à 100 cm³ d'une solution d'oxyde de germanium (M/100) à l'aide d'une microburette.

Les courbes obtenues par ces deux techniques sont caractéristiques de la salification d'un acide faible par une base forte. Elles mettent en évidence la neutralisation de la première fonction acide de l'acide germanique par la choline.

Si l'on opère avec du carbonate acide de choline au lieu de choline, les courbes de pH et de conductibilité ont la même allure.

Ces résultats ont été contrôlés par la méthode des variations continues ([2])

([4]) *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, **17**, 1884, p. 1685.

([5]) *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, **25**, 1892, p. 46.

([1]) A. Tchakirian, *Ann. Inst. Pasteur*, **68**, 1948, p. 461.

([2]) P. Job, *Ann. Chim.*, **9**, 1928, p. 113.

appliquée à la conductibilité. On a vérifié au préalable que la conductibilité des deux constituants est sensiblement additive. La courbe des écarts de la courbe de conductibilité, avec la droite qui joint les points relatifs aux constituants simples, présente un maximum pour la proportion 1-1 de choline et d'oxyde de germanium, ce qui confirme les résultats précédents et la formation d'un seul composé.

D'autre part, l'étude de l'absorption, par la méthode des variations continues, indique qu'il y a seulement salification et non formation de complexe. La choline et l'oxyde de germanium sont peu absorbants dans l'ultraviolet et la courbe donnant l'absorption, en fonction de la composition du mélange, pour différentes longueurs d'onde (de 0,24 à 0,28 μ), suit la loi d'additivité.

Préparation du monogermanate de choline. — Le monogermanate de choline a été isolé en précipitant par un excès d'acétone une solution aussi concentrée que possible de choline et d'oxyde de germanium en proportions équimoléculaires. L'acétone ne précipite pas l'oxyde de germanium en solution mais il n'en est pas de même pour la choline. Cette méthode ne permettrait pas de séparer un excès de cette dernière.

Deux techniques opératoires ont été utilisées :

a. Le mélange d'oxyde de germanium en solution (0,05 M) et de choline-base (0,7 M) est réduit aux 9/10 de son volume, sous le vide, à une température de 35° environ.

b. Afin d'éviter les concentrations, on utilise de l'oxyde de germanium fraîchement précipité qui se dissout facilement dans la solution de choline (0,7 M).

Dans les deux cas, les solutions centrifugées sont précipitées par l'acétone. Le produit visqueux qui se dépose est lavé à l'acétone, puis séché sous le vide phosphorique jusqu'à poids constant.

Le germanium est dosé à l'état de GeO_2 par calcination et la choline à l'état de reineckate de choline.

	GeO_2. (g %).	Choline (g %).	H_2O. (g %).	Nombre de molécules GeO_2 pour 1 mol choline.	Rendement en GeO_2 %.
Préparation *a*	41,7	44,4	–	1,085	90,7
» *b*	41,7	47,3	8,8	1,02	90
Valeurs théoriques du monogermanate de choline GeO_2, choline, H_2O.	42,9	49,7	7,4	1	–

Ce composé correspond au sel monobasique du monogermanate de choline, identifié par les mesures physicochimiques. Il se présente sous forme d'une résine jaunâtre, très soluble dans l'eau, très hygroscopique, stable à la température de 100°. Une solution à la concentration M/100 a un pH de l'ordre de 10,35.

Action de l'alcool sur le monogermanate de choline. — La solution aqueuse, concentrée, en proportion équimoléculaire de choline et d'oxyde de germanium,

précipite par l'alcool, mais le corps isolé n'est plus un monogermanate mais un polygermanate de choline correspondant approximativement à $3GeO_2$, choline, $1H_2O$. L'éthanol ne précipite ni la choline, ni l'oxyde de germanium. Ce composé n'a pas pu être identifié, en solution aqueuse, par les mesures physicochimiques. Ces déterminations mettent seulement en évidence le monogermanate de choline. Il y avait lieu de supposer que ce complexe se forme par l'action de l'éthanol sur le monogermanate de choline.

Afin de vérifier cette hypothèse, on traite par un excès d'éthanol une solution aqueuse de monogermanate de choline précédemment isolé (3,56 gr %). Le précipité blanc formé, lavé à l'alcool, est séché sous le vide et analysé. Il renferme 3,4 mol de GeO_2 pour 1 mol de choline.

La décomposition du monogermanate de choline par l'alcool est à peu près complète. Le rendement est de l'ordre de 60-75 %. Il reste à préciser si ce corps correspond à un composé défini et non à un mélange de polygermanate et de monogermanate.

Le monogermanate de choline (GeO_2, choline, H_2O) et le polygermanate de choline obtenus sont à rapprocher :

1° Des borates de choline ([3]).

2° Des aspartates et glutamates de choline ([4]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxazines mésonaphtacéniques.*

Note (*) de M. **Robert Bucourt**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Dans une recherche du mécanisme de la formation d'oxazines à partir de l'amino-hydroxynaphtacène péri, il est démontré que la réaction passe, nécessairement, par un intermédiaire monoacylé non cylisé, dont la structure acylaminonaphtacénonique a pu être établie par autoxydation en milieu alcalin.

Une oxazine naphtacénique, résultant de l'action du chlorure d'acétyle sur un dérivé aminohydroxylé du naphtacène, I, avait été décrite ([1]) pour apporter la preuve de la distribution péri des deux groupements amine et hydroxyle sur le noyau de l'hydrocarbure.

La formation d'oxazines du même type, dans la série naphtalénique, signalée dans la Note antérieure, n'a été observée que d'une façon fortuite sur le péri-aminonaphtol et sur un petit nombre de ses dérivés. Comme elle

---

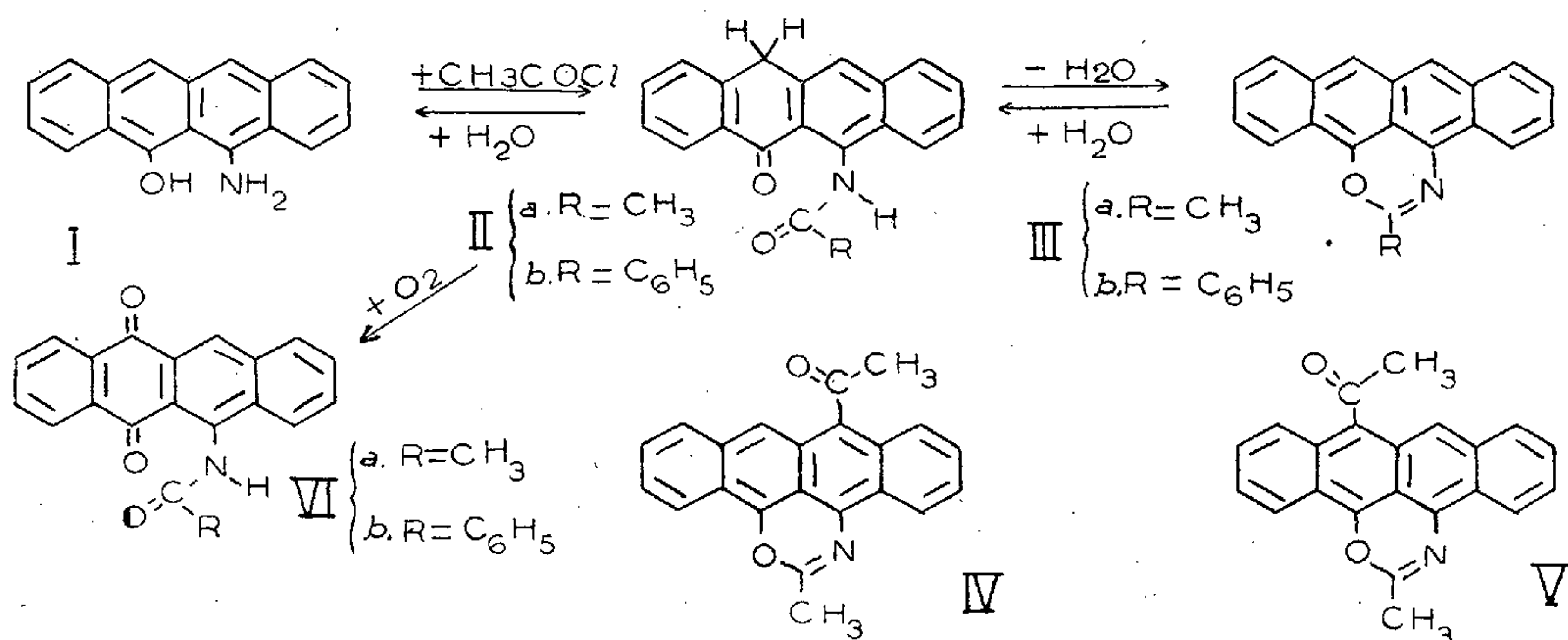
([3]) Brevets allemands n°s 290 740 et 479 016.

([4]) A. Carayon Gentil et J. Brigando, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1737; J. Brigando et A. Carayon Gentil, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1035; *Bull. Soc. Chim.*. **17**, 1950, 5e série, p. 332.

(*) Séance du 25 juin 1951.

([1]) Ch. Dufraisse, A. Étienne et R. Bucourt, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2061.

ne concerne, en fait, que des cas très rares et ne paraît pas avoir fait l'objet d'attention spéciale, il était intéressant, dans le cas particulièrement net de l'aminohydroxynaphtacène, d'en entreprendre une étude au moins sommaire.



a. Le mécanisme le plus rationnel de la formation comporterait la production primaire d'un composé acétylé simple, ordinaire. C'est en effet ce que j'ai constaté, mais cet intermédiaire commençant déjà à se cycliser, bien avant que la réaction dont il provient soit achevée, l'oxazine, III *a* ($C_{20}H_{13}ON$), représente le seul corps commodément accessible par cette voie. Cependant, en arrêtant l'opération avant son terme, et en travaillant sur de très petites quantités de matière, il m'a été possible d'isoler l'acétamido-11 naphtacénone-10 ($C_{20}H_{15}O_2N$), II *a*. Recristallisée dans l'alcool, elle forme des aiguilles jaune citron $F_{inst.}$ 213-214°. Le composé, II*a*, doit bien être regardé comme étant l'intermédiaire normal entre l'aminohydroxynaphtacène et l'oxazine correspondante, puisque, d'une part, il est facilement cyclisé en l'oxazine, III*a*, par l'acide chlorhydrique anhydre, et que, d'autre part, il peut être obtenu, en retour, par hydrolyse partielle de cette dernière. En outre, on peut régénérer l'aminohydroxynaphtacène de départ en hydrolysant II *a*, par l'acide phosphorique à 90 % à 100-110°.

Des acétylations tentées, dans des conditions rudes, en vue d'obtenir un dérivé diacétylé de l'aminohydroxynaphtacène, m'ont bien fourni, à côté de l'oxazine, un corps ayant fixé un second acétyle. Mais les propriétés de ce corps m'obligent plutôt à lui assigner, provisoirement, l'une des structures, IV, ou V ($C_{22}H_{15}O_2N$), où l'acétyle est fixé directement sur le squelette carboné. Séparé par chromatographie et recristallisé dans le cyclohexane, c'est une poudre noire violacée : première fusion instantanée à 203°, suivie de recristallisation; deuxième fusion instantanée à 206-207°.

b. A l'inverse de celle du chlorure d'acétyle, la réaction du chlorure de benzoyle sur l'aminohydroxynaphtacène s'arrête entièrement au stade du dérivé monobenzoylé non cyclisé. Pour obtenir l'oxazine, il est nécessaire de cycliser ensuite par l'anhydride phosphorique.

La benzamido-11 naphtacénone-10 ($C_{25}H_{17}O_2N$), II*b*, cristallise du benzène et de l'alcool en un feutrage de très fines aiguilles jaune citron qui retiennent toujours du solvant, vraisemblablement sous forme de solvate, et qu'il ne m'a jamais été possible de désolvater. $F_{inst.}$ 228-229° (alcool), 210-212° (benzène), 224-225° (alcool propylique).

La phénylpérinaphtacène oxazine ($C_{25}H_{15}ON$), III*b*, cristallise en aiguilles violet foncé, feutrées. $F_{inst.}$ 288-289°; ses solutions violettes présentent, comme il l'a été indiqué [1] pour le corps méthylé, trois bandes d'absorption naphtacéniques. L'alcool chlorhydrique, à chaud, l'hydrate en dérivé non cyclisé, II *b*.

c. L'étude de l'autoxydation des deux corps acylés non cyclisés intermédiaires des oxazines, m'a permis d'établir leurs constitutions, particulièrement en démontrant que l'acidyle était fixé à l'azote.

Les deux corps acidylés non cyclisés traités par la potasse méthylique, donnent une halochromie, mauve avec II *a* et bleue avec II *b*, qui disparaît rapidement à l'air, par suite d'une autoxydation intense. Cette réaction, appliquée au dérivé benzoylé, donne un produit, aiguilles jaune citron xylène et oxyde de butyle, $F_{inst.}$ 305°, qui a été identifié avec un échantillon authentique de benzamido-11 naphtacènequinone-9.10 ($C_{25}H_{15}O_3N$), VI *b*, dont la constitution est certaine [2] [3].

Dans les mêmes conditions, le dérivé acétylé donne des aiguilles jaune citron (benzène), présentant le phénomène de dimorphisme avec double fusion (1re $F_{inst.}$ 249°, suivie de recristallisation, puis 2e $F_{inst.}$ à 254°). Par analogie avec son correspondant benzoylé, il est logique de lui attribuer la même structure, VI *a* ($C_{20}H_{13}O_3N$).

Pour cette transformation en quinone, on peut admettre, en accord avec les travaux de Ch. Dufraisse, A. Étienne et J. Rigaudy [4], [5] sur l'autoxydation des anthrones en milieu alcalin, la formation intermédiaire d'un hydroperoxyde, lequel perdrait immédiatement une molécule d'eau pour former la quinone.

---

[2] H. Waldmann et G. Polak, *J. prakt. Ch.*, (2), **150**, 1938, p. 113.

[3] Cet échantillon m'a été aimablement cédé par M. Marschalk, à qui nous devons une étude approfondie des quinones naphtacéniques; C. Marschalk et C. Stumm, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **15**, 1948, p. 418.

[4] Ch. Dufraisse, A. Étienne et J. Rigaudy, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **15**, 1948, p. 804.

[5] J. Rigaudy, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 253.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une synthèse d'alcools β-acétyléniques et d'acétyléniques α-β′-diols.* Note de M. **Marcel Gaudemar**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Il a été montré que le bromure de propargyle donne par action du magnésium un magnésien $CH{\equiv}C{-}CH_2{-}MgBr$ que le bromure d'éthyl-magnésium transforme en dimagnésien $BrMg{-}C{\equiv}C{-}CH_2{-}MgBr$. Le monomagnésien et le dimagnésien se comportent normalement vis-à-vis des aldéhydes et des cétones et les rendements de ces condensations sont excellents.

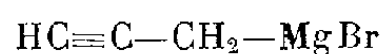
Les alcools β-acétyléniques vrais



étaient peu connus jusqu'à ces dernières années; seuls quelques termes avaient été préparés, par soustraction d'une molécule d'acide bromhydrique à des alcools β-éthyléniques β-bromés, eux-mêmes d'accès long et laborieux (¹).

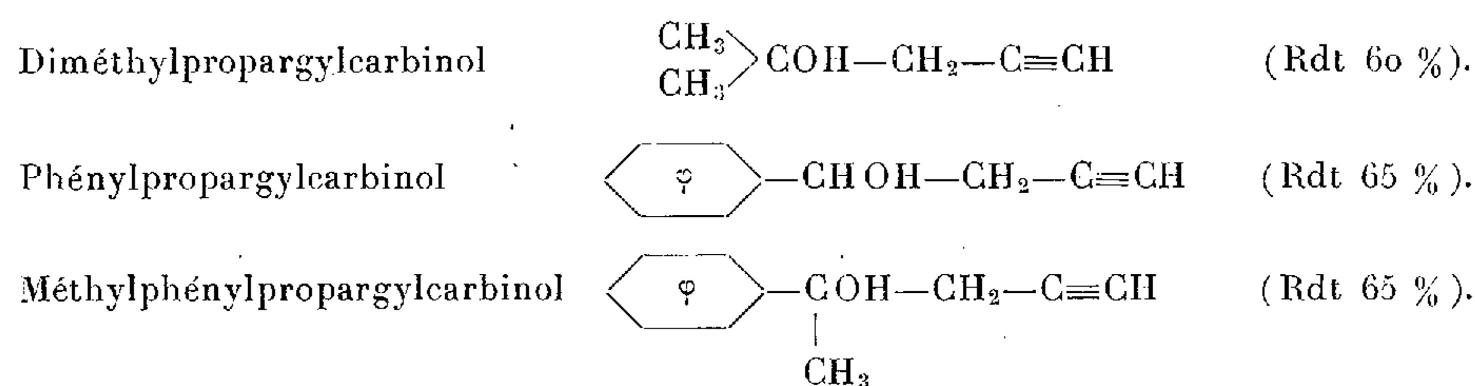
Il était séduisant de tenter la simplification du problème, en utilisant, au départ, un réactif déjà porteur du groupe propargyle. C'est ainsi que Henbest, Jones, et Walls (²) ont préparé récemment de nombreux alcools β-acétyléniques vrais en utilisant une réaction de Saytzeff entre le bromure de propargyle et divers aldéhydes ou cétones. Toutefois, d'après les auteurs, cette méthode est parfois en défaut, par exemple dans le cas de l'acroléine.

M. Prévost et deux de ses collaborateurs ont montré (³) qu'il correspond au bromure de propargyle un magnésien



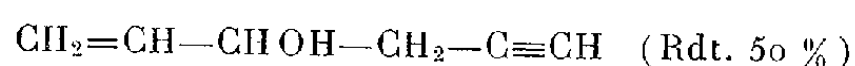
se formant, dans des conditions précisées (³) avec des rendements inespérés. Ce réactif leur a déjà permis de préparer le méthylpropargylcarbinol avec un rendement de 50 %.

Nous avons étendu la méthode à la préparation des termes suivants déjà décrits :



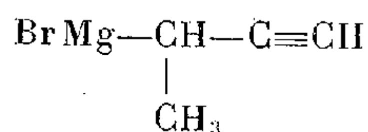
(¹) Lespieau et Pariselle, *Comptes rendus*, **46**, 1908, p. 1035.
(²) *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 2696.
(³) Prévost, Gaudemar et Honiberg, *Comptes rendus*, **230**, 1955, p. 1186.

La condensation du bromure de propargyle et de l'acroléine conduit à l'alcool attendu

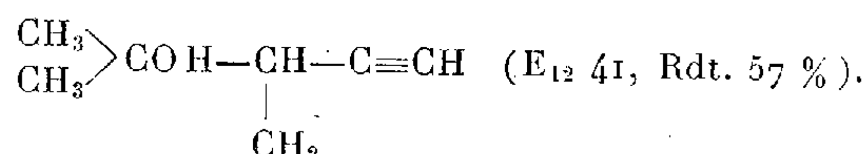

$CH_2=CH-CHOH-CH_2-C\equiv CH$ (Rdt. 50 %)

E_{12} 49°; n_D^{17} 1,465; d_{17} 0,921; R_M mesuré 29,11; R_M calculé 29,08.

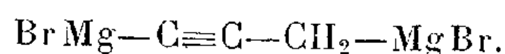
La généralisation de cette méthode est en cours. C'est ainsi que le magnésien



et l'acétone engendrent bien l'alcool

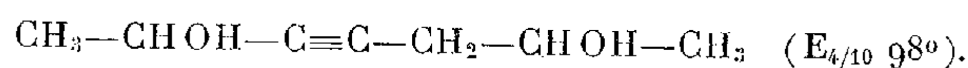


De plus, le bromure de propargylmagnésium peut être facilement transformé en un agent de synthèse encore plus précieux. En effet, vis-à-vis du bromure d'éthylmagnésium, il se comporte uniquement comme un acétylénique vrai, d'où le dimagnésien


$BrMg-C\equiv C-CH_2-MgBr$.

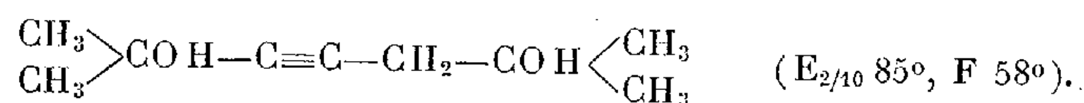
Celui-ci condensé avec l'aldéhyde acétique, l'acétone ou l'aldéhyde benzoïque, permet d'obtenir les glycols correspondants, tous trois inconnus, avec des rendements respectifs de 16, 64 et 50 %.

a. Heptyne-3 diol-2-6,


$CH_3-CHOH-C\equiv C-CH_2-CHOH-CH_3$ ($E_{4/10}$ 98°).

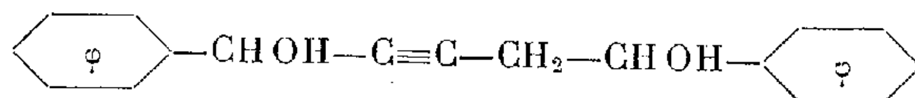
C'est un liquide très visqueux; nous n'avons pas pu séparer les racémiques prévus. L'hydrogénation sur nickel de Raney les transforme en heptane-diol-2.6 [corps décrit ([4])].

b. Diméthyl-2.6 heptyne-3 diol-2.6,



Sa structure a été démontrée par hydrogénation en diméthyl-2-6 heptane-diol-2.6, connu ([5]).

c. Diphényl-1.5 pentyne-2 diol-1.5,



Nous avons séparé les deux racémiques par cristallisation fractionnée dans

([4]) PERKIN, *J. Chem. Soc.*, 105, 1914, p. 1360.

([5]) RUPE, *Ber.*, 38, 1905, p. 1500.

l'acétate d'éthyle, puis dans l'alcool. (F 112° et 143°). Les glycols saturés correspondants fondent respectivement à 110° (inconnu) et 92° [connu ([6])].

L'acétophénone et la benzophénone réagissent certainement sur notre dimagnésien, mais, extrêmement visqueux, les glycols probablement engendrés n'ont pas cristallisé jusqu'ici.

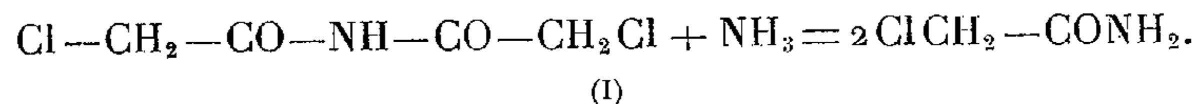
Conclusion. — 1° Le bromure de propargyl-magnésium n'est pas plus difficile à préparer que les magnésiens saturés et présente les mêmes aptitudes réactionnelles avec des rendements au moins égaux.

2° Le dimagnésien qui en dérive s'avère un réactif particulièrement indiqué pour la synthèse de composés acétyléniques présentant en α et β' deux fonctions identiques; dans le cas où ces corps peuvent être hydrogénés sans dommage pour la fonction introduite, ce réactif supplée le dimagnésien défaillant $BrMg - CH_2 - CH_2 - CH_2 - MgBr$, et conduit aux fonctions doubles en position δ dans des conditions bien plus avantageuses que ne le permettent les méthodes classiques, d'ailleurs difficilement généralisables.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'aminolyse de la dichlorodiacétamide par les amines primaires.* Note de M. **Michel Backes**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

A la température ordinaire l'ammoniac anhydre et les amines aliphatiques primaires n'agissent pas sur les atomes Cl de la dichlorodiacétamide, mais elles coupent la diamide en deux molécules d'amide primaire.

L'ammoniaque aqueuse attaque la molécule de dichlorodiacétamide sur le groupe imide, d'après la réaction :



$$Cl-CH_2-CO-NH-CO-CH_2Cl + NH_3 = 2ClCH_2-CONH_2. \quad (I)$$

Les atomes de Cl sont donc inactifs, du moins à la température ordinaire ([1]).

Il restait à vérifier que la scission de la molécule n'était pas due aux ions $(NH_4)^+$ ou $(OH)^-$. Dans ce but j'ai utilisé l'ammoniac anhydre à trois températures différentes : l'ammoniac liquide agit dès — 75° et donne la réaction (I). L'ammoniac gazeux, à température ordinaire conduit au même résultat. Enfin, dans la solution benzénique d'ammoniac, portée à l'ébullition, l'ammoniolyse se fait encore suivant la réaction (I). La présence d'eau ne change donc rien au principe de la réaction.

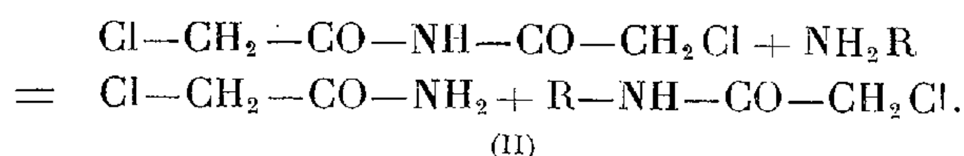
La réaction (I) n'est pas spécifique de l'ammoniac. Les amines primaires aliphatiques et alicycliques réagissent avec la dichlorodiacétamide suivant un

---

([6]) Japp et Michie, *J. Chem. Soc.*, 70, 1901, p. 1019.

([1]) M. Backes, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 1184.

schéma analogue



$$\begin{aligned} & Cl-CH_2-CO-NH-CO-CH_2Cl + NH_2R \\ = \; & Cl-CH_2-CO-NH_2 + \underset{(II)}{R-NH-CO-CH_2Cl}. \end{aligned}$$

Dans tous les cas examinés, la réaction (II) est exothermique. Elle fournit un mélange de chloracétamide et de N-alcoylchloracétamide. En effectuant la réaction au sein du benzène, on obtient une premiere séparation : la chloracétamide est peu soluble dans ce solvant tandis que le dérivé N-alcoylé s'y dissout assez bien. Le rapport moléculaire des quantités de chloracétamide et de N-alcoylchloracétamide isolées est voisin de l'unité. Les rendements varient entre 40 et 70 % ; il reste une quantité correspondante de dichlorodiacétamide non transformée. Dans les mêmes conditions expérimentales, l'aniline est sans action sur la dichlorodiacétamide.

Les N-alcoylchloracétamides liquides retiennent facilement de petites quantités de chloracétamide. Leur fractionnement par distillation ordinaire est peu efficace. Une pureté relative peut être obtenue en insolubilisant la chloracétamide par le cyclohexène. La N-cyclohexylchloracétamide, solide, se purifie bien par recristallisation.

Ainsi j'ai pu préparer plusieurs amides N-substituées nouvelles, dérivant de l'acide chloracétique :

N-*Éthylchloracétamide* $C_2H_5-NH-CO-CH_2Cl$. — C'est un liquide incolore, soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther; peu soluble dans le cyclohexène. Il bout à 96° sous 13 mm. Je l'ai obtenu avec un rendement de 44 %

Analyse.	Trouvé (%).	Calculé pour C_4H_8ONCl (%).
C	39,66	39,50
H	6,50	6,58
N	11,55	11,52

L'aminolyse de la dichlorodiacétamide par l'éthylamine est accompagnée d'une réaction secondaire qui fournit une petite quantité d'un produit différent des deux amides.

N-*Propylchloracétamide* $CH_3-CH_2-CH_2-NH-COCH_2Cl$. — A température ordinaire, c'est un liquide. Elle bout à 114° sous 18 mm. Dans le cyclohexène, elle est beaucoup plus soluble que l'amide N-éthylée. Le rendement de la réaction est de 72 % en dérivé N-propylé.

Analyse.	Trouvé (%).	Calculé pour $C_5H_{10}ONCl$ (%).
C	43,71	44,28
H	7,47	7,38
N	10,33	10,40

N-Isobutylchloracétamide $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>CH-CH_2-NH-CO-CH_2Cl$. — C'est un

liquide qui bout à 117° sous 18 mm. Comme le précédent, il est très soluble dans le cyclohexène.

Analyse.	Trouvé (%).	Calculé pour $C_6H_{12}ONCl$ (%).
C	48,00	48,16
H	7,93	8,03
N	9,28	9,36

N-Cyclohexylchloracétamide $C_6H_{11}—NH—CO—CH_2Cl$. — Elle se présente sous forme de cristaux blancs, fondant à 105-106°. Elle a été obtenue avec un rendement de 54 %.

Analyse.	Trouvé (%).	Calculé pour $C_8H_{14}ONCl$ (%).
C	54,67	54,70
H	8,00	7,97
N	8,06	7,97

GÉOLOGIE. — *Découverte du genre* Mœritherium *Andrews dans le Tertiaire continental du Soudan.* Note (*) de MM. **Camille Arambourg**, **Jacques Kikoine** et **René Lavocat**, présentée par M. Charles Jacob.

Le bouclier saharien comporte une ceinture de formations sédimentaires que l'on observe notamment au Soudan, au Niger et au Dahomey [1]. Les derniers niveaux marins sont constitués par des schistes argileux papyracés, comportant une intercalation calcaire à *Ostrea multicostata* Desh. et *Carolia placunoides* Cantr., et surmontés généralement par des niveaux phosphatés à Vertébrés comprenant notamment des restes de Siluridés et de Reptiles (*Dyrosaurus sp.* et *Palæophis africanus* Andrews).

Au-dessus de ces niveaux, attribués à l'Éocène moyen, on trouve la formation continentale des grès argileux du Moyen Niger. N'ayant fourni jusqu'ici aucun fossile caractéristique, celle-ci était considérée comme Mio-pliocène ou Oligo-miocène par les géologues français, et comme Post-éocène (Gwanda group) par les géologues anglais du Nigeria.

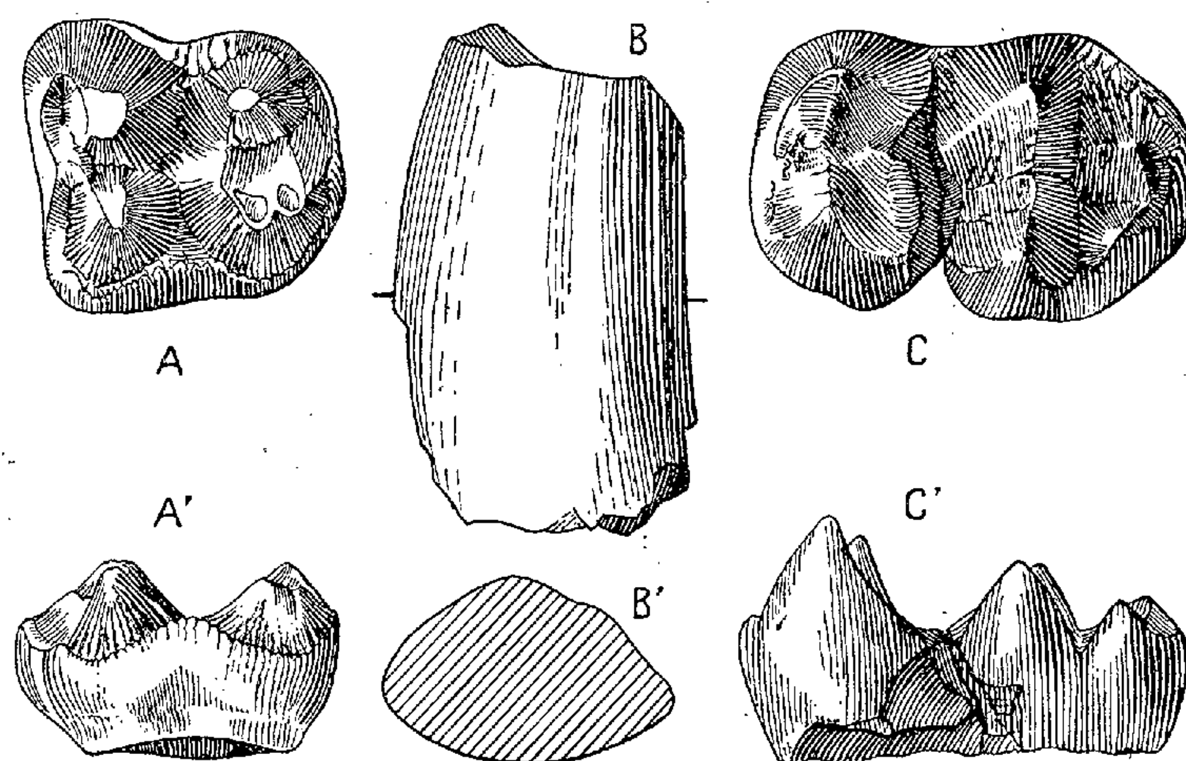
Le puits d'In Tafidet, creusé à 60 km au Nord-Est de Gao, vient, pour la première fois, de procurer à l'un de nous (Kikoine) des restes de Vertébrés dans cette formation. D'après la situation du puits et la coupe qu'on y observe, ainsi que dans un puits voisin, la couche fossilifère argilo-sableuse doit se trouver à 20 m environ au-dessus des schistes argileux papyracées à *Ostrea multicostata* et à une quarantaine de mètres au-dessous d'un banc

(*) Séance du 18 juin 1951.

[1] R. Karpoff et L. Visse, *B. S. G. F.*, 5e série, 20, 1950 (Bibliographie).

à gaize et silex, qui forme dans la région un bon niveau repère dans le Continental terminal (²).

Les fragments recueillis comportent plusieurs éléments de dentition appartenant certainement à un Mammifère du genre *Mœritherium* Andrews, de la taille de l'espèce *M. gracile* Andrews de l'Éocène supérieur du Fayoum.



Mœritherium sp. A, M^1 gauche, face occlusale; A', la même, face linguale; B, I^2 droite, face labiale; B', section de la même; C, M_3 droite, face occlusale; C', la même, face linguale. Grandeur naturelle.

On reconnaît une M^1 supérieure gauche, une M_3 inférieure droite, un fragment de I^2 supérieure et un fragment de prémolaire. M^1 est bien caractéristique par la vallée qui sépare largement les deux lobes antérieur et postérieur, par le tubercule postérieur annexe étroitement serré contre le tubercule postéro-interne, l'allure fortement chagrinée de l'émail des tubercules et du cingulum. M_3 montre un talon à deux tubercules bien distincts. I^2 est très caractéristique par sa section dissymétrique, subtriangulaire. L'émail n'existe que sur une partie de sa surface.

Une dent de Dipneuste et un aiguillon de Siluridé étaient associés aux restes de *Mœritherium*.

La découverte de ce genre dans la région de Gao est d'une grande importance stratigraphique et paléontologique. Hormis la dent du Sud Constantinois décrite par Depéret sous le nom de *Mastodon pygmæus* et attribuée au genre *Phiomia* par Osborn, c'est la première fois qu'un élément de la faune du Fayoum est trouvé hors de cette localité célèbre. Aucun autre gisement d'Afrique n'avait fourni jusqu'ici de faune de Mammifères aussi ancienne; la présence du *Mœritherium* dans celui de Gao nous permet d'en

(²) J. Kikoïne et H. Radier, *C. R. Som. S. G. F.*, n° 10, 1950.

fixer l'âge probable à l'Éocène supérieur, et aussi d'affirmer que la faune dite du Fayoum devait avoir, au Tertiaire inférieur et moyen, une large extension géographique sur le continent africain.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge du flysch de la bordure Sud de la chaîne calcaire de la Kabylie du Djurdjura (Algérie)*. Note (*) de M. **Louis Duplan**, présentée par M. Charles Jacob.

Le flysch dit albo-aptien de la bordure de la chaîne calcaire de la Kabylie du Djurdjura et considéré comme charrié sur le reste du Crétacé, appartient en réalité à l'Oligocène, les Foraminifères crétacés qu'il contient (Orbitolines, Rosalines) étant remaniés.

De l'Arba à Sidi-Aïch, en bordure Sud du massif ancien et des chaînons calcaires du Bou Zegza et du Djurdjura, s'étend une bande de flysch de 150 km de long sur 10 km de large. Ficheur (1), après l'avoir tout d'abord placé en partie dans le Gault en partie dans l'Éocène supérieur, attribua ensuite une partie du Gault au Danien (2); enfin (3), sur sa carte géologique de Bouira, il ne distingua plus que du Maestrichtien et de l'Éocène supérieur, ne tenant pas compte de l'existence des Orbitolines que Nicaise (4) y avait signalée antérieurement. L. Glangeaud (5), découvrant d'autres gisements d'Orbitolines, attribue ce flysch au sommet du Crétacé inférieur, et lui applique la dénomination de flysch albo-aptien de sa zone I *d*. Cette attribution fut admise par la majorité des auteurs algériens (6). Moi-même (7) sur la feuille de Sidi-Aïch, j'ai accepté ce point de vue. En outre, J. Flandrin (8), découvrant des Rosalines : *Glotruncana Linnei* (d'Orb.) *Globotruncana stuarti* (Lapp.) et des Orbitolines, conclut que ce flysch correspond à une série compréhensive englobant à la fois des niveaux du Crétacé inférieur et du Crétacé supérieur. Tout récemment A. Lambert, H. et G. Termier (9), découvrant un Aptychus particulièrement bien conservé, ont tendance à vieillir ce flysch et en attribuer une partie à la base du Crétacé inférieur.

(*) Séance du 25 juin 1951.

(1) *Description géologique de la Kabylie du Djurdjura, étude spéciale des terrains tertiaires,* Alger, 1890, p. 100.

(2) Ficheur, *Notice géographique et géologique sur la Kabylie*, Paris, 1892, p. 50.

(3) Ficheur, *Carte géologique de l'Algérie au 1/50 500e, feuille de Bouira,* Alger, 1911.

(4) in Hanoteau et Letourneux, *La Kabylie et les coutumes kabyles,* Paris, 1872, p. 26.

(5) *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie,* 2e série, no 8, Alger, 1932, p. 165.

(6) G. Bétier, J. Savornin, M. Dalloni, J. Flandrin et L. Glangeaud, *C. R. Som. S. G. Fr.*, no 16, p. 244-1937.

(7) *Carte géologique de l'Algérie au 1/50 000e, feuille de Sidi-Aïch,* Alger, 1951.

(8) *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie,* 2e série, no 19, Alger, 1948, p. 241.

(9) *C. R. Som. S. G. Fr.*, no 7, 1951, p. 113-114.

Dans la région de Bougie, la découverte de microbrèches à Lépidocyclines m'a permis d'attribuer à l'Oligocène du flysch attribué antérieurement au Crétacé inférieur. Cette découverte m'a incité à revoir le Crétacé inférieur de la zone I*d* de L. Glangeaud. Effectivement, en divers points énumérés ci-dessous à partir de l'Est, j'ai pu faire des observations qui prouvent que ce flysch est un faciès de l'Oligocène, les fossiles d'âges divers qu'il contient y étant remaniés.

1° A. Selloum, sur la route de Maillot à Tirourda, où J. Flandrin (10) avait déjà signalé des marnes sableuses, des calcaires bréchoïdes et des conglomérats à Nummulites qu'il considérait comme remaniés dans l'Oligocène, j'ai pu confirmer cette attribution par la découverte de Lépidocyclines. J'ai pu, de plus, observer que ces microbrèches et conglomérats étaient en réalité interstratifiés à la base de la série du flysch dit albo-aptien. Au Nord de Selloum, à 3 km du Col de Tirourda, on peut aussi observer, interstratifiés dans le haut de la série, des calcaires et des microbrèches passant progressivement aux brèches et conglomérats de l'Oligocène à « faciès kabyle » typique.

2° Une coupe dans le lit de l'Oued Adjiba montre que les brèches et conglomérats à Nummulites de l'Oligocène à « faciès kabyle » plongent sous le flysch dans lequel J. Flandrin (11) signale des Rosalines à Tacca et des Orbitolines sur la rive gauche de l'Oued Berd.

3° A Bouira, j'ai trouvé, sous les brèches à Orbitolines signalées par L. Glangeaud (12) près du tunnel, des bancs de microbrèches à Rosalines et à débris de test d'Inocérames.

4° Sur la route de Thiers à Tizi-Reniff, au point de coordonnées Lambert $x = 58$, $y = 362,5$, les schistes et quartzites du flysch sont superposés aux couches dans lesquelles J. Flandrin (13) signale *Eulepidina dilatata* et *E. roberti* Douvillé.

5° Sur la route de Palestro à Keddara, au kilomètre 87,2, une microbrèche montre à la base du flysch des débris de fossiles dans lesquels on reconnaît des Inocérames.

6° A L'Arba, dans l'Oued Rorra, au point $x = 543,6$, $y = 361,9$, j'ai eu la preuve paléontologique du remaniement des Rosalines. J'ai observé en effet, interstratifiés dans des niveaux à Nummulites, des bancs à *Globotruncana stuarti* Lapp., *G. Linnei* d'Orb., *G. conica* White (5).

Ces phénomènes de remaniement de fossiles crétacés dans l'Oligocène, signalés pour la première fois dans cette zone, sont analogues à ceux cités autrefois par J. Flandrin (14) sur le versant Nord du Djurdjura, où il a observé des Orbitolines remaniées dans de l'Oligocène certain.

En conclusion, ce flysch contient des fossiles d'âges divers. Il ne peut être plus ancien que les couches oligocènes auxquelles il passe à sa base et latéralement au Nord. Sa superposition à des couches sénoniennes

---

(10) *Loc. cit.*, p. 241.
(11) *Loc. cit.*, p. 241.
(12) *Loc. cit.*, p. 165.
(13) *Loc. cit.*, p. 248.
(14) *Loc. cit.*, p. 221.
(15) J. Magne a confirmé la détermination des petits Foraminifères cités dans cette Note.

qui a donné lieu à une interprétation tectonique (nappe du flysch) est en réalité due à un phénomène banal de transgression, dont l'observation a été, il est vrai, gênée par des phénomènes de remaniement de faune.

GÉOLOGIE. — *Observations sur le Crétacé de la Navarre espagnole au Nord-Ouest de Pampelune.* Note de M. **Raymond Ciry**, présentée par M. Charles Jacob.

Entre Alsasua et Irurzun, au-dessus des calcaires zoogènes de l'Aptien constituant le revers méridional de la Sierra d'Aralar, le Crétacé moyen et supérieur occupe une longue dépression est-ouest, dite la Barranca, que dominent au Sud les entablements de calcaires nummulitiques des Sierras de Urbasa, de Andia et de San Donato.

I. A la base de la série vient un épais complexe schisto-gréseux, aux tonalités sombres, qui passe vers sa partie supérieure à des marnes noires ou gris bleuté, finement gréseuses, psammitiques et à cordons de concrétions siliceuses brun rouge.

La position stratigraphique de ce complexe a donné lieu à des interprétations variées et plus ou moins erronées, que la découverte de gisements fossilifères m'amène à rectifier.

L'un de ces gisements est situé à 500 m environ à l'Ouest d'Echarri-Aranaz (Barranca centrale). Il fournit une abondante faune de Polypiers, Bryozoaires, Lamellibranches (*Plicatula radiola, Nucula sp.*), de Belemnites (*Hastites minimus*) et d'Orbitolines plates, d'assez grande taille, se rapportant vraisemblablement à *O. plana*. Avec cet ensemble j'ai recueilli, en outre, des fragments d'*Hamites sp.* et d'*Hysteroceras sp.*

Un autre point fossilifère, que j'ai déjà signalé en septembre dernier au Congrès International des Pyrénéistes tenu à Saint-Sébastien, se trouve près du cimetière d'Izurdiaga (Barranca orientale).

A côté d'abondantes Orbitolines du même type que les précédentes, on peut y récolter quelques Ammonites bien conservées : *Elobiceras subelobiense* Spath, *Pervinquiera cf. geometrica* Spath (Déterminations de M. Collignon).

Ces faunes assignent aux marnes noires supérieures, dans lesquelles elles ont été trouvées, *une position élevée dans l'Albien* (Zone à *H. varicosum* = *Hysteroceratian*).

Les niveaux plus inférieurs du complexe ne m'ont donné, personnellement, que quelques mauvais restes attribuables à un *Kosmatella* (Kil. 21 de la route d'Irurzun à Anoz). Par contre, M. l'Abbé M. de Gaona m'a communiqué comme venant de la gare d'Alsasua, où je n'ai pas retrouvé le gisement, une faune d'Ammonites pyriteuses caractéristiques de l'Albien *sensu lato* et parmi lesquelles M. Collignon a reconnu : *Kosmatella Agassizi* Pictet, *Dipoloceras bouchardi* d'Orb., *Dipoloceroides delaruei* d'Orb., *Tetragonites timotheanum* Pictet *var. nautiloide* Pictet, *Eogaudryceras cf. shimizui* Breistr.

II. Le complexe précédent est surmonté, suivant les points, soit par des lentilles de calcaires compacts, clairs, parfois crinoïdiques (Barranca occidentale), soit par des calcaires gréseux et des grès à grandes Orbitolines du type d'*O. concava* indiquant vraisemblablement le Cénomanien (Barranca centrale).

III. Au-dessus, vient le terme le plus caractéristique de la région. Il s'agit d'alternances de marnes et de calcaires marneux gris bleuté, pouvant atteindre 200 m d'épaisseur et désignées souvent sous le nom de « flysch marneux ».

Dans le domaine qui prolonge la Barranca vers l'Ouest, nous avons montré antérieurement, avec J. Mendizabal [1], que ce flysch débutait avec le Cénomanien supérieur. Il en est de même encore ici, où sa base fournit localement, près de Bacaicoa par exemple, des Ammonites de ce niveau (*Puzosia cf. planulata* Sow.). Toutefois, les caractères lithologiques un peu spéciaux qui, dans les provinces voisines, nous ont fait désigner ces couches sous le nom de « flysch à boules », s'atténuent vers l'Est à partir d'Alsasua et cessent d'être nets au delà de Lizarraga (Barranca centrale).

Dans la masse surmontant ce Cénomanien, le Turonien reste toujours paléontologiquement mal caractérisé. Le Sénonien, par contre, renferme quelques Ammonites : *Pseudoschloenbachia gosavensis* Hauer, *Barroisiceras sp.* et de nombreux Echinides : *Micraster*, *Ananchites*, qui témoignent de la présence de l'Emschérien et du Campanien.

D'une façon générale, le Flysch marneux cénomano-campanien est sensiblement moins puissant dans la région étudiée qu'aux environs de Vitoria où il dépasse 1500 m. Son épaisseur va en diminuant progressivement de l'Ouest vers l'Est.

IV. Le Maestrichtien, avec lequel se termine le Crétacé de la Barranca, offre deux types de dépôts bien distincts se rattachant à deux aires sédimentaires différentes.

Dans la partie occidentale et centrale, il est à cachet pyrénéen et comprend des calcaires jaunâtres ou nankins intercalés de marnes gréseuses, le tout à Orbitoïdes accompagnés d'une faune du type haut-garonnais : *Exogyra pyrenaica*, *Alectryonia larva*, *Hemipneustes cf. pyrenaicus* etc. L'étage marque donc la fin, dans ces régions, du régime de sédimentation marneuse et subsidente qui les caractérisait depuis le Cénomanien supérieur.

Dans la partie orientale, au contraire, le Maestrichtien est à l'état de flysch calcareo-marneux du type aturien, comparable à celui de la côte basque, avec des Céphalopodes et de grands Inocérames. Par opposition

(1) R. Ciry et J. Mendizabal, *Annales Hébert et Haug*, 7, Livre jubilaire Charles Jacob, p. 61, 1949.

aux zones plus occidentales précédentes, il y a ici persistance des conditions sédimentaires antérieures. Plus à l'Est d'ailleurs, ces conditions durent jusque dans le Danien auquel je rattache des formations de même type mais colorées de rose ou de vert, comme l'est le Danien de Bidart ou de Zumaya.

Le passage entre les deux types de dépôts maestrichtiens n'a pu encore être suivi de façon continue. Mais il existe par places (environs d'Arostegui) dans la série à faciès flysch des intercalations de calcaires gréseux à Orbitoïdes qui témoignent de l'existence d'intrications.

GÉOLOGIE. — *Sur une source d'erreur possible dans la détermination de l'âge géologique par les minéraux uranifères.* Note de M. **Boris Brajnikov**, présentée par M. Charles Mauguin.

Puisque les périodes de ^{235}U et ^{238}U ne sont pas les mêmes, la proportion mutuelle de ces deux isotopes de U doit varier dans le temps. En admettant qu'elle soit actuellement $^{235}U/^{238}U = 1/139$ en nombre d'atomes ou approximativement $1/141$ en masse, on peut établir la formule suivante [1] :

$$\frac{^{235}U_0}{^{238}U_0} = \frac{1}{141} \cdot 10^{\frac{t_m}{2,81.10^9}} \qquad (1)$$

(où t_m — temps; U_0 — teneur originelle en U à la date de formation du minéral) qui montre que le rapport augmente avec le temps géologique comme une fonction exponentielle. Il serait ainsi voisin de 1/94 au début de l'ère Primaire ($0,500.10^9$ ans); 1/62 vers $1,10^9$ ans; 1/27 vers 2.10^9 ans; 1/12 vers 3.10^9 ans; 1/1 vers 6.10^9 ans, etc.

De même, si l'on peut connaître ce rapport pour un minéral uranifère quelconque, on peut déterminer son âge géologique par la formule

$$t_m = 2,81.10^9 \times \log\left(141 \times \frac{^{235}U_0}{^{238}U_0}\right). \qquad (2)$$

L'analyse isotopique du Pb permet d'établir ce rapport.

La méthode très élégante et précise élaborée par A. Holmes utilise les rapports RaG/U, AcD/U et AcD/RaG, après avoir fait la part du « plomb commun » considéré comme une impureté. Elle prévoit comme sources d'erreur possibles dans le calcul : 1° perte de U; 2° perte de Pb; 3° perte du radon, erreurs que A. Holmes réussit souvent à éliminer ou à réduire d'une façon tout à fait satisfaisante.

Le rapport $^{235}U_0/^{238}U_0$, considéré ici permet d'utiliser pour le calcul de l'âge encore deux autres rapports : $RaG/^{238}U_0$ et $AcD/^{235}U_0$.

---

(1) Pour établir cette formule nous avons utilisé les coefficients de N. B. Keevil, ce qui la rend homogène avec les formules fondamentales de cet auteur.

Les six relations mentionnées doivent, théoriquement, fournir des résultats concordants. Nous avons donc tracé la courbe de la formule (1), à laquelle nous avons superposé quelques-unes des meilleures analyses publiées par A. Holmes et A. Lane.

Age en millions d'années.

	A. Holmes.					
	$\frac{AcD}{RaG}$.	$\frac{RaG}{U}$.	$\frac{AcD}{U}$.	$\frac{^{235}U_0}{^{238}U_0}$.	$\frac{AcD}{^{235}U_0}$.	$\frac{RaG}{^{238}U_0}$.
Samarskite, Portland, Conn.	256	255	254	260	252	256
Uraninite, Parry Sound, Canada [2]	1025	1011	1013	1023	1015	1016
» Gordonia, Afrique du Sud	1037	1010	1015	1027	1017	1013
» Huron Claim, Can.	1987	1987	1985	2022	2020	2060
» Singar, Indes	995	883	912	927	913	886
» Bisundni, Indes	740	733	733	661	666	735

Par le tableau qui précède on voit que, en somme, l'accord est très satisfaisant, sauf pour le dernier minéral où l'écart atteint 10 %. Lorsqu'il y a écart les âges déterminés par la méthode de A. Holmes tombent soit au-dessus, soit au-dessous de la courbe de la formule (1) : ceci signifie dans le premier cas, que l'âge ou le rapport $^{235}U_0/^{238}U_0$ trouvé est trop grand; dans le deuxième cas, que l'âge ou le rapport est trop petit. On admet que les processus naturels en jeu dans la lithosphère ne sont pas en mesure de provoquer une séparation des isotopes de U ou Pb. D'autre part, la période de fission spontanée de U semble être extrêmement longue (de l'ordre de $1,3 \pm 0,2 \times 10^{16}$ ans [3] et ne pourrait guère affecter de manière sensible le calcul de l'âge géologique, bien que ce phénomène a été utilisé avec avantage pour tels calculs par V. G. Khlopin et collaborateurs (teneur en X_e) [4]. Cependant, il ne nous semble nullement exclu que le rapport $^{235}U/^{238}U$ ait pu varier du fait de la fission de l'U sous l'impact des neutrons d'origine cosmique ou tellurique.

Une telle possibilité pourrait en tout cas être indiquée par la non-concordance des résultats des calculs, que nous avons réunis dans le tableau ci-dessus. Comme toute source nouvelle d'erreur dans les calculs, elle les complique singulièrement, mais il n'y a aucun doute qu'elle présente un certain intérêt théorique et mérite de ce chef d'être étudiée de très près.

---

(2) Calculé par B. Brajnikov, d'après les analyses de O. A. Nier.

(3) N. A. Perfilov, in *Report of the Committee on the Measurment of Geologic Time*, décembre 1949, Washington, U. S. A.

(4) *Ibidem*.

GÉOLOGIE. — *Le néogène de la zone internationale de Tanger (Maroc).* Note de M. **Robert Soyer**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans la Zone Internationale de Tanger, les dépôts néogènes longtemps confondus avec les grès quaternaires du littoral atlantique, sont étroitement localisés au Sud-Ouest du territoire, à Charf el Akab, où ils ont été étudiés par L. Gentil (1) et plus récemment par J. Bourcart (2).

Constituée par des calcaires récifaux, des grès calcaires et des sables quartzeux alternants, cette série perméable détermine sur ses affleurements deux étages de sources (sources hautes et sources basses), qui, à la suite des recherches de Legrand (1905) précisées par celles de L. Gentil (1907), ont été utilisées pour l'approvisionnement en eau de Tanger. L'accroissement des besoins de la ville motivant une campagne de recherches systématiques, plusieurs sondages transformés ensuite en forages d'exploitation, permettent de préciser la limite et la puissance des dépôts néogènes.

Le massif de Charf el Akab présente un talus abrupt et rectiligne s'élevant vers 40 m d'altitude, en bordure de la route de Rabat, entre la piste de la forêt diplomatique et la vallée de l'oued M'harhar. Les couches présentent leur tranche suivant ces trois lignes d'affleurement et plongent fortement vers le centre d'une cuvette déprimée, occupée au-dessous de la cote 20, par les alluvions récentes de la Daya Daïdat. Au Nord, le pendage atteint 40° Sud; à l'Est 40° Ouest, au Sud 5 à 20° Nord.

Sous les dunes littorales et les alluvions, entre le Charf au Sud et l'oued Bougadou au Nord, des puits ont rencontré à faible profondeur les grès calcaires néogènes qui toutefois ne s'étendent pas juqu'à l'oued, dont la vallée se creuse dans les argiles crétacées. A l'Est de la route de Rabat, un sondage a atteint ces argiles à 2 m de profondeur; il en est de même dans la vallée du M'harhar, à 200 m au Sud de la crête du Charf.

L'ensemble se présente ainsi comme un plateau déprimé et incliné vers la côte. La puissance des calcaires atteint 30 m en affleurement et L. Gentil, dans son rapport inédit, lui attribuait 50 m au plus.

Or, le forage n° 5 implanté dans la ligne de dépression maximum a traversé une série exceptionnellement épaisse, atteignant 390 m, dont la coupe s'établit comme suit :

Sol à + 15,75. De 15,75 à 9,25 : *Tirs* puis limons à Helix, Planorbes, Limnées, etc. 9,25 à — 5,25 sable jaune argileux; — 5,25 à — 20,25 grès calcaire gris rougeâtre compact, texture serrée, à grains de quartz cimentés dans une pâte de calcite; débris de Mollusques marins roulés, Bryozoaires, Algues, Polypiers; — 20,25 à — 22,70 Argile gris-verdâtre un

(1) *Nouv. Arch. Miss. Scient.*, **18**, 1909, fasc. **2**, p. 52.

(2) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), **27**, 1927, p. 173 et *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 621.

peu sableuse; — 22,70 à — 34,85 grès calcaire rougeâtre puis jaunâtre à Lamellibranches et Balanes; — 34,85 à — 59,10 sable quartzeux fin, à Cardites, Balanes; 59,10 à — 158,05 grès calcaires et sable quartzeux alternants, fossilifères Balanes. Serpules; — 158,05 à — 178,20 argile brune, quartz roulés et calcaire grisâtre à débris de Balanes; 178,20 à — 209,70 sables quartzeux blancs, passages de grès celluleux à Bryozoaires, Balanes; quelques cailloutis; — 209,70 à — 225,25 grès calcaire celluleux, quartz blancs et gris, Mactres et Balanes : — 225,25 à — 241,75 sable quartzeux, cailloutis, grès celluleux à la base, Balanes; — 241,75 à 248,30 : sable fin quartzeux, à Balanes rares, Algues, Rotalidés; — 248,30 à 267,90 grès celluleux jaune et gris passées de sable quartzeux, Oursins, Bryozoaires, Algues; rares Balanes; — 267,90 à — 274,75 argile gris verdâtre à nodules calcaires; — 274,75 à — 320,35 calcaires blancs, celluleux, à trame recristallisée autour de quartz blancs, alternant avec des sables blancs fins; Bryozoaires, Echinides, Polypiers, Algues, Balanes; — 320,35 à 360,25 calcaires blancs celluleux et sables blancs fins; Rotalidé : vers — 335 débris de Mollusques à test nacré; — 360,25 à 364,25 sable blanc fin, calcaire rare; — 364,25 à — 367 sable blanc-gris, bancs calcareux, puis argileux à la base; — 367 à — 379,35 : argile sableuse gris bleu; à — 379,35 argile schisteuse verdâtre en feuillets redressés à la verticale (Crétacé).

L'extrême fragmentation des fossiles, broyés par le trépan, interdit toute détermination spécifique; tout au plus peut-on attribuer les articles de Balanes abondants du haut en bas de la série à *Balanus* cf. *concavus*. D'autre part, la régularité du faciès ne permet aucune coupure entre + 9,25 (base du Quaternaire récent) et — 367, base de la série calcaréo-arénacée. Les argiles sableuses de la base, transgressives sur les argiles crétacées correspondent sans doute aux argiles de faciès identique signalées par Gentil et Boistel à Tetouan [3] et près d'Arzila [4], qu'ils ont attribuées au Plaisancien.

Au Nord du forage étudié, le substratum crétacé se relève régulièrement et supporte une série où prédomine le faciès arénacé, tandis qu'au Sud, c'est le faciès calcaro-gréseux qui règne. La régularité du plongement des assises vers l'Ouest implique le prolongement des calcaires du Charf el Akab au delà de la cote atlantique, sous la plate-forme continentale, où ils occupent une superficie certainement bien supérieure à celle du massif de Charf (28 km^2).

En résumé, les dépôts néogènes présentent dans la Zone Internationale une épaisseur exceptionnelle. De faciès néritique ou sublittoral, ils montrent une uniformité de composition qui rend impossible toute subdivision au-dessus des argiles sableuses de leur base, attribuées provisoirement, en l'absence de fossiles, au Plaisancien. La puissance de cette série, transgressive sur le Crétacé, souligne l'intensité de la subsidence, au voisinage du détroit de Gibraltar, au cours de la période néogène. Elle atteint 390 m au centre du massif de Charf el Akab.

(3) *Comptes rendus*, **140**, 1905, p. 1725.
(4) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), **8**, 1908, p. 7.

GÉOLOGIE. — *Sur les anomalies apparentes de la granulométrie de certaines argiles fines et leur explication possible par des phénomènes d'hydratation.* Note de Mlle **Solange Vernhet**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Au cours de nombreuses études granulométriques effectuées suivant la méthode de la pipette d'Andreassen raccourcie [1], j'ai constaté que pour certains échantillons de grande finesse moyenne, le poids sec des premiers prélèvements allait en augmentant jusqu'à une limite atteinte, dans les conditions des expériences, pour un temps de sédimentation d'environ 1 h et une hauteur de chute voisine de 4,1 cm. L'accroissement constaté dépasse les limites des erreurs expérimentales possibles et la répétition à plusieurs reprises des essais élimine toute possibilité d'erreur fortuite. Les mêmes constatations avaient été faites pour certaines argiles marines par Ruth Fridman [2] et Christiane Lucien Razavet [2] et des résultats analogues avaient été obtenus antérieurement au Laboratoire par Marguerite Pety [3] et Eva Rotbart [3], parfois sur les mêmes échantillons, ce qui met hors de doute la réalité des faits. M. A. Rivière me fit remarquer qu'une interprétation du phénomène semblait pouvoir être assez facilement trouvée à partir de la théorie classique de la pipette granulométrique. La méthode consiste à prélever, à intervalles de temps définis, des tranches de la suspension argileuse de volume constant, situées à des profondeurs connues variant avec le rang des prélèvements et de déterminer la masse de la matière solide en suspension dans chacun de ces prélèvements. On part d'une suspension initialement défloculée, dispersée et homogénéisée par agitation, mise au repos au début de l'expérience, dans laquelle les particules tombent avec des vitesses constantes ne dépendant pratiquement que de leurs dimensions respectives. Dans ces conditions, une certaine tranche de liquide, située à une profondeur suffisante, reçoit à chaque instant, venant des couches supérieures du liquide, autant de particules d'une dimension déterminée qu'elle en perd par sa base. La teneur en matière sèche de la tranche considérée ne varie donc pas tant que les particules les plus grosses (les plus rapides) parties du voisinage de la surface ne l'ont pas atteinte et dépassée. On conçoit facilement qu'avec une argile suffisamment fine, les premiers prélèvements puissent contenir la même quantité de matière sèche; l'augmentation progressive de la masse de ces prélèvements indique une augmentation de concentration de la suspension

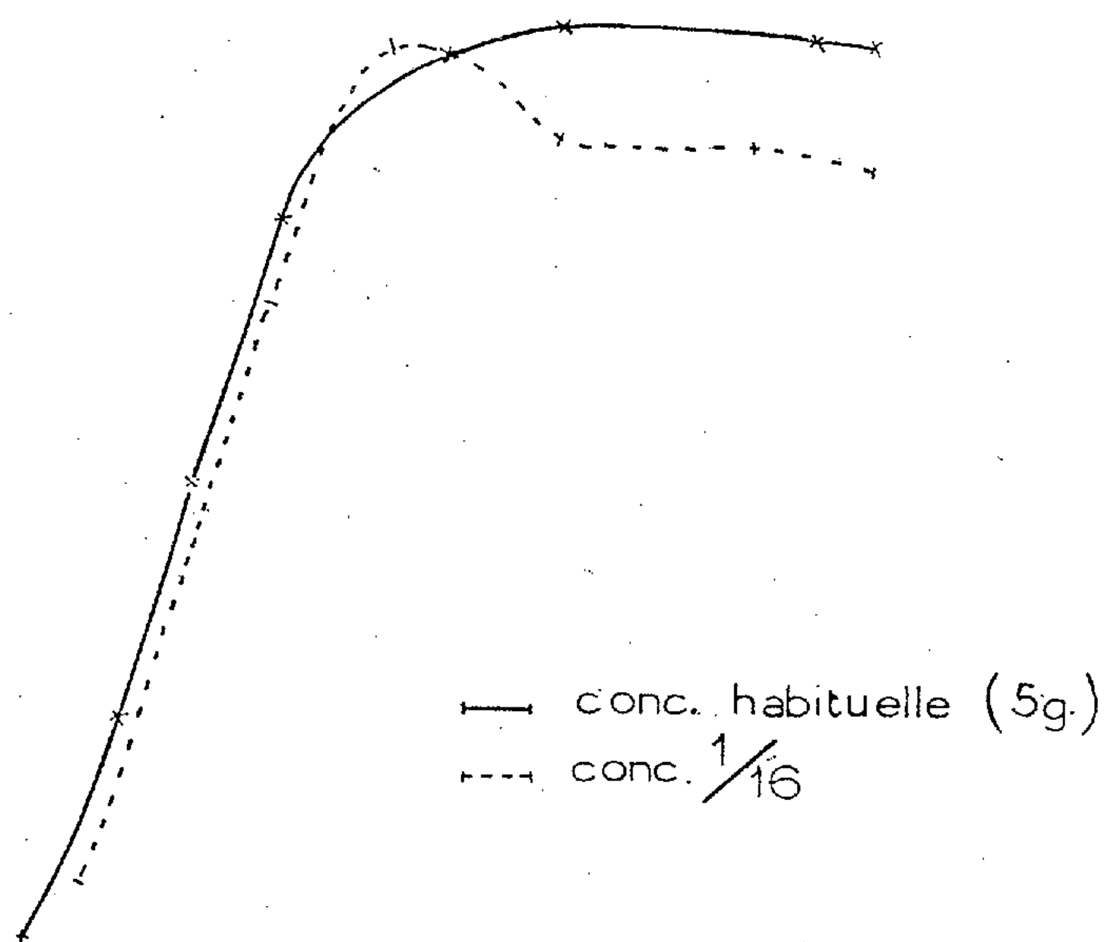
---

(1) A. Rivière et P. Munier, *Contribution à l'étude des argiles utilisées en céramique*, fasc. II, p. 108, Paris, 1948.

(2) Renseignements oraux.

(3) *Archives du Laboratoire de Géologie du S. P. C. N.*, Paris.

qui peut s'interpréter comme résultant du fait que les particules contenues dans une tranche de prélèvement étaient initialement réparties dans une tranche plus épaisse du liquide. Ceci, étant donné le mécanisme décrit plus haut, implique nécessairement une diminution de la vitesse de chute des particules (ou tout au moins de certaines d'entre elles). Ce ralentissement ne peut guère s'expliquer autrement que par une augmentation de volume de ces particules. Des expériences ultérieures ont montré que le phénomène s'accentue avec la diminution de la concentration initiale de la suspension argileuse (*fig.* 1), surtout lorsque l'on ne diminue pas simultanément la concentration du pyrophosphate de soude utilisé comme défloculant. Les suspensions argileuses défloculées à la soude seule donnent d'ailleurs des résultats analogues.



L'ensemble de ces résultats conduit à penser que la mise en repos de la suspension coïncidant avec le début de l'expérience, entraîne une augmentation sensible du volume de l'atmosphère ionique des particules, par suite de l'incorporation aux couches externes de celle-ci de cathions fortement hydratés (c'est-à-dire dont chacun est accompagné d'un grand nombre de molécules d'eau).

Cette hydratation doit être considérable car, contrairement à ce qui se passe dans des conditions analogues pour les barbotines épaisses, le nombre des cathions fixés est trop faible pour que le pH de la suspension soit influencé (au moins dans les limites de sensibilité de l'appareillage utilisé).

Je me propose de rechercher ultérieurement quels renseignements

peuvent être tirés de ces observations quant aux dimensions des atmosphères ioniques des particules et quant aux rôles relatifs des cathions et des anions du défloculant utilisé et enfin dans quelle mesure ces phénomènes peuvent être rattachés aux mécanismes de la thixotropie.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur les variations du champ magnétique et de la rotation de la Terre*. Note de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. André Danjon.

En 1891 Schuster a émis l'hypothèse que tout corps en rotation doit posséder un champ magnétique. H. A. Wilson a montré en 1923 que le moment magnétique P et le moment de la quantité de mouvement U de la Terre et du Soleil sont presque proportionnels : $P = aU$. En exprimant P en fonction de la force totale (F) du champ magnétique terrestre et U en fonction de la période (T) de la rotation de la Terre, on trouve $F.\ T = \text{const.}$ La différentiation de cette relation donne

$$\Delta T = -(T:F)\,\Delta F = -1{,}8383\,\Delta F, \tag{1}$$

en prenant $T = 86400$ s, $F = 47000\ \gamma$. Donc à chaque variation de la rotation de la Terre correspond une variation proportionnelle du champ magnétique.

Les propriétés magnétiques de la matière existent seulement dans la couche superficielle de la Terre à cause de l'existence du point critique de Curie. On peut supposer qu'à cause de l'augmentation de la température avec la profondeur toutes les propriétés magnétiques disparaissent à la profondeur de 32 km où règne la température 1000° environ.

La variation du champ magnétique à la surface de la Terre devrait être dans ce cas supérieure à ce qu'elle serait, si la distribution était uniforme dans toute la masse de la Terre. Le rapport doit être égal environ à 66,8 : rapport de la masse de la Terre à la masse de la couche superficielle. Dans notre cas la formule (1) devient

$$\Delta T = -2{,}752 \,.\, 10^{-2}\,\Delta F. \tag{2}$$

On connaît les fluctuations irrégulières de la rotation de la Terre depuis 1637. J'ai pu comparer ces valeurs à partir de 1883 avec les variations du champ magnétique terrestre d'après les travaux de M. Ch. Maurain [1] et ceux de Potsdam en les prolongeant jusqu'en 1948 (*fig.* 1). Le coefficient de corrélation entre ces deux séries de valeurs est 0,95. La discussion de ces résultats m'a donné la relation suivante :

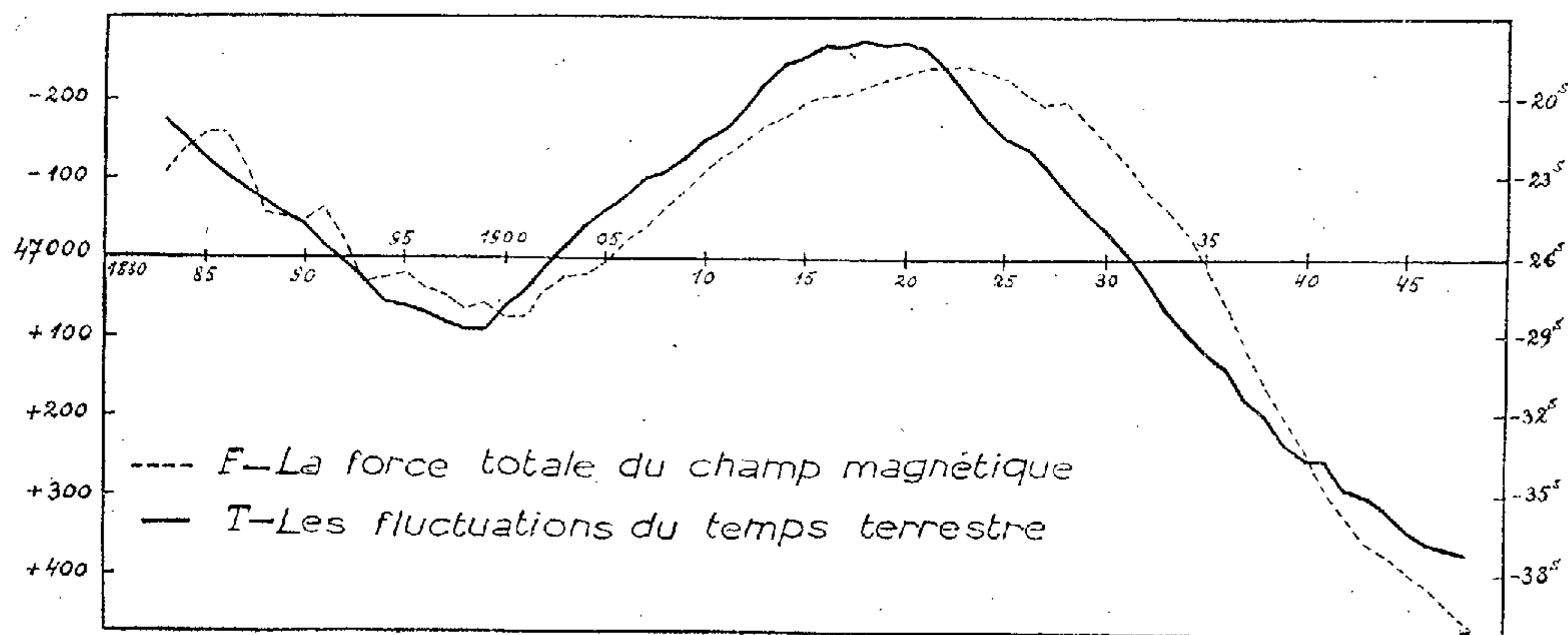
$$\Delta T = -2{,}750 \,.\, 10^{-2}\,\Delta F. \tag{3}$$

On remarque un bon accord entre les formules (2) et (3). L'écart moyen O-C de ΔT est égal à $1^s{,}45$. Si l'on compare les valeurs de ΔT d'après E. Brown

---

(1) *Ann. Inst. Phys. du Globe*, Paris, 22, 1945, p. 61.

et H. Spencer Jones, on trouve que l'écart moyen entre ces deux séries est égal à $1^s,29$. La concordance des résultats est donc dans la limite de la précision des déterminations de ΔT.



Pour la période d'avant 1883 j'ai comparé la variation de la rotation de la Terre avec celle de la déclinaison magnétique à Paris [2] : les deux courbes de 1680 à 1900 ont la même allure générale : à l'augmentation de la déclinaison à Paris correspond une augmentation du retard de la Terre et inversement.

Dans l'étude de la relation des variations saisonnières de la rotation de la Terre connues depuis 1937 [3] avec celles du champ magnétique terrestre, il est plus commode d'étudier les variations de la durée du jour (Δj_s). Dans ce cas la formule (3) devient

$$\Delta j_s = -0^s,753.10^{-4}\,\Delta F. \qquad (4)$$

Étant donné que les valeurs saisonnières du champ magnétique terrestre dans un lieu donné peuvent être influencées par des causes météorologiques ou autres, j'ai pris la moyenne des observations dans les hémisphères Nord (Val-Joyeux, Chambon-la-Forêt) et Sud (Tananarive), dont les écarts mensuels sont les suivantes :

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.
ΔF	−2,6	−10,9	−9,3	−5,8	+11,0	+8,0
Δj_s	+0,37	+ 0,79	+1,11	+0,61	+ 0,33	−0,21

	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre
ΔF	+18,8	+10,1	−2,0	−5,2	−8,5	−3,6
Δj_s	− 0,87	− 1,13	−0,83	−0,47	−0,01	+0,31

Dans la deuxième ligne j'ai donné l'avance ou le retard journalier de la

(2) G. HOMERY, *Ann. Inst. Phys. du Globe*, Paris, **9**, 1931, p. 96.

(3) N. STOYKO, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 79.

Terre (Δj_s) en millièmes de seconde d'après les résultats 1934-1948. La représentation analytique de ces résultats donne

$$\Delta F = -10{,}54 \sin n(j + 80{,}9) - 5{,}70 \sin 2n(j + 136{,}5),$$
$$\Delta j_s = +0^s{,}000948\,s \sin n(j + 33{,}3) + 0^s{,}000199 \sin 2n(j + 110{,}6),$$

où $n = 2\pi : 365$ et j est le nombre de jours à partir de janvier 0. En utilisant la transformation d'après la formule (4) on trouve que les phases et les amplitudes sont dans les limites des écarts des observatoires individuels.

Donc, la variation du champ magnétique terrestre peut être expliquée par la variation de la rotation de la Terre. Et, par conséquent, chaque corps en rotation (Terre, Soleil, astres, etc.) doit posséder un champ magnétique, dont une partie au moins provient de sa rotation autour de son axe.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Anomalies magnétiques en Bretagne centrale.* Note (*) de M. **Eugène Le Borgne**, présentée par M. Charles Maurain.

Étude détaillée de trois anomalies magnétiques locales, reconnues dans un travail d'ensemble antérieur, en Bretagne centrale. L'une de ces anomalies, celle de Guégon, est nettement du type « inverse », c'est-à-dire de sens opposé à celle qu'on pourrait attendre d'une aimantation par le champ terrestre actuel.

Dans une Note récente ([1]) j'ai exposé les résultats d'une étude magnétique régionale qui intéresse une surface carrée de 50 km de côté en Bretagne centrale. Les mesures ont été effectuées avec une balance de Schmidt en des stations distantes d'environ 1 km, disposées suivant un certain nombre d'itinéraires. Elles montrent que le champ magnétique terrestre est perturbé au-dessus d'une zone schisteuse d'environ 1600 km², tandis qu'il est calme au-dessus des massifs granitiques qui entourent cette zone.

Partant de quelques points qui, dans l'étude précédente, avaient révélé des anomalies importantes, j'ai établi des réseaux à mailles serrées permettant de tracer les courbes isanomales pour trois zones situées respectivement sur les territoires des communes de Pontivy, Noyal et Guégon. Dans chaque cas les anomalies sont rapportées à la valeur moyenne de la composante verticale observée dans une région calme voisine. (Il n'a pas été tenu compte des faibles variations de latitude et de longitude.)

La zone de Pontivy, 1 km² environ, couvre un massif de diabase encastré dans du schiste. Celui-ci n'est pas magnétique, tandis que la diabase est douée de propriétés magnétiques appréciables. Trois échantillons prélevés en trois points différents du massif ont donné les résultats suivants (en u. e. m.) :

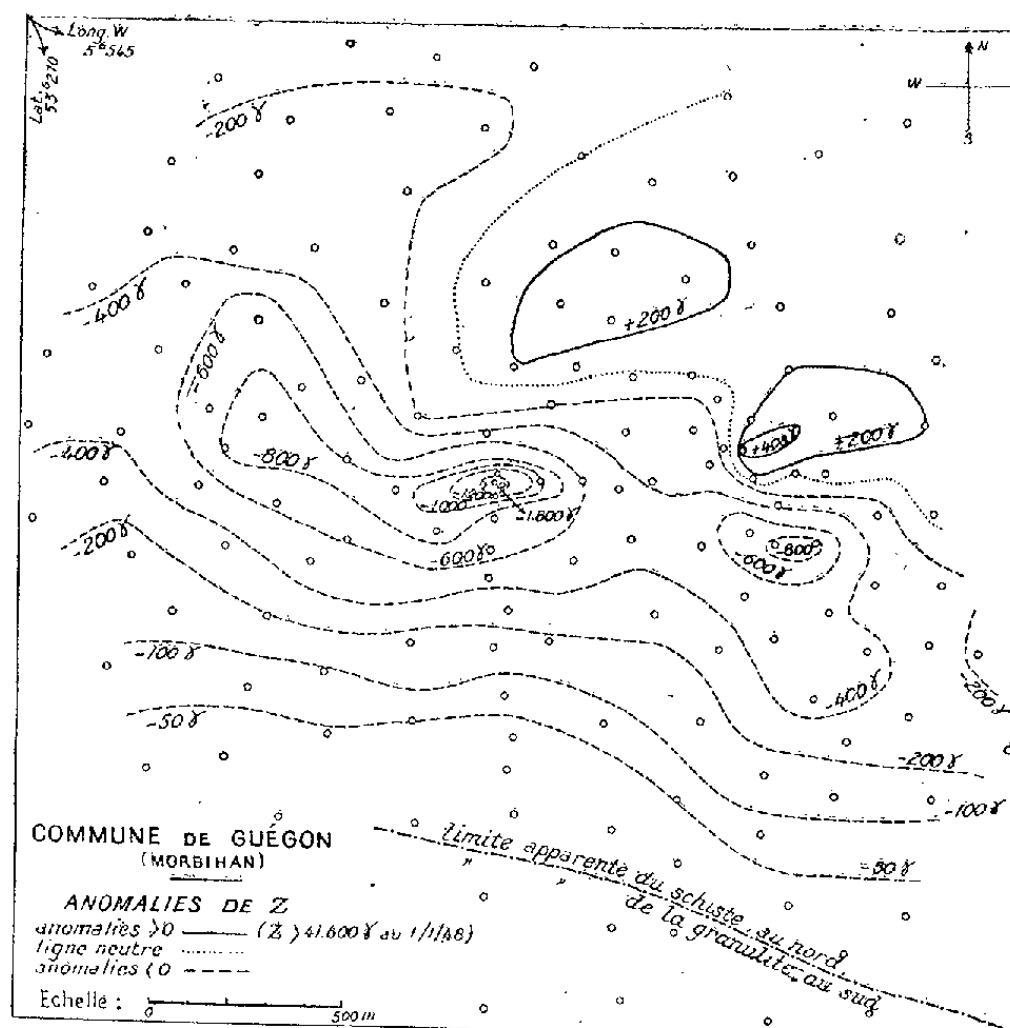
(*) Séance du 25 juin 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 584.

	Échantillon.......	n° 1.	n° 2.	n° 3.
Aimantation spécifique rémanente......		$1,1.10^{-4}$	$2,1.10^{-4}$	$0,4.10^{-4}$
Susceptibilité massique...............		$28\ .10^{-6}$	$43\ .10^{-6}$	$48\ .10^{-6}$

A l'aplomb de la diabase on observe une anomalie positive atteignant 250 γ. La limite de l'anomalie positive semble bien dessiner le contour du massif.

La zone de Noyal, 20 km² environ, s'étend sur des schistes et des argiles dont les propriétés magnétiques sont très faibles. On y observe une juxtaposition d'anomalies positives et négatives comprises entre +900 γ et —1100 γ. L'importance relative des anomalies négatives est remarquable.



La zone de Guégon, 6 km² environ, couvre du schiste, au centre et au Nord, et un massif de granulite, au Sud. Au-dessus de la granulite le champ magnétique terrestre est calme, tandis que l'on observe au-dessus du schiste une anomalie négative importante, atteignant —1800 γ, accompagnée d'une anomalie positive nettement moins marquée, puisqu'elle ne dépasse pas +500 γ (*fig.* 1). L'anomalie négative, qui s'étend avec régularité sur une grande surface est disposée au Sud de l'anomalie positive. On se trouve donc en présence d'une anomalie inversée, phénomène qui attire beaucoup l'attention des géophysiciens ([2]). Une telle disposi-

([2]) J. Mc G. Bruckshaw et E. I. Robertson, *The magnetic properties of the tholeiite dykes north England;* M. F. Roy, *Ast. Soc., Geophysical supp.*, 5, 1949, p. 308-320.

tion a été observée en plusieurs points du globe [3]. En France, J. P. Rothé l'a rencontrée en Alsace et A. Roche, en Auvergne. Signalons qu'un travail de prospection effectué à Lanouée, dans la même région schisteuse, à quelques kilomètres au Nord de la zone de Guégon avait déjà permis de déceler une anomalie inversée [4]. Un sondage à carottage continu, réalisé au point où l'anomalie négative présentait la plus grande amplitude, avait trouvé, à partir de 40 m, un schiste très magnétique, aimanté en sens inverse du champ terrestre actuel, qui permettait d'expliquer l'anomalie.

Ainsi trois zones situées en Bretagne centrale ont fait l'objet d'une étude magnétique détaillée. Celle de Pontivy présente une anomalie positive relativement faible, celle de Noyal, des anomalies plus importantes à prédominance négative, et celle de Guégon, une anomalie de grande amplitude négative et nettement inversée.

L'anomalie de Pontivy est provoquée par un massif de diabase magnétique. Les anomalies, à prédominance positive, que j'ai déjà constatées dans les environs de Loudéac sont probablement provoquées, elles aussi, par des diabases qui présentent en cette région des filons nombreux.

Dans les zones de Noyal et de Guégon la disposition des courbes isanomales permet de conclure à l'existence, dans le sous-sol, d'une roche magnétique à forte aimantation rémanente et de la situer à une profondeur de l'ordre de 200 m. L'examen des roches superficielles n'a fourni aucun indice sur la nature de cette roche, mais on peut rapprocher les anomalies de Noyal et de Guégon de l'anomalie semblable rencontrée dans la zone voisine de Lanouée et qui est provoquée par un schiste magnétique. Bien que l'on ne puisse attribuer sans réserves toutes ces anomalies à des roches de même nature (la zone de Guégon, en particulier, est une zone de contact entre le schiste et la granulite), il est tentant de penser qu'à Noyal et à Guégon, comme à Lanouée, des schistes magnétiques à forte aimantation rémanente, situés en profondeur, sont responsables des anomalies.

GÉOCHIMIE. — *Contribution à l'étude de l'évolution des bitumes.*
Note (*) de M. **Marcel Louis**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Lors de l'étude géochimique du bassin de Manosque-Forcalquier [1], nous avons eu l'occasion de voir une série de bitumes à divers stades d'évolution.

---

(3) H. Haalck, *Becker und Erler Kom. Ges.*, Leipzig, 1942, p. 90 (*voir* p. 70-78).

(4) Communication orale de M. L. Cagniard.

(*) Séance du 25 juin 1951.

(1) M. Louis et R. Gageonnet, *Relations entre la nature chimique des indices d'hydrocarbures et le milieu géologique dans un bassin sédimentaire : le bassin de Manosque-Forcalquier* (IIIe *Congrès Mondial du Pétrole*, La Haye, 1951).

Par des essais ultérieurs au laboratoire nous pouvons montrer le processus de transformation de ce genre de produits. Ces bitumes associés à des calcaires pyrobitumineux ont été formés dans un milieu laguno-lacustre ou marin peu profond. Ils sont riches en soufre et leur indice de potasse est élevé, ce qui indique une composition qui n'est pas entièrement faite d'hydrocarbures. Cette remarque nous semble importante en ce qui concerne l'évolution de ces bitumes.

Pour accélérer l'évolution naturelle que nous avons constatée à l'air et à la lumière, nous les avons exposés en couche mince à la lumière ultraviolette, et nous avons déterminé le changement de constitution à différents intervalles de temps.

Nous avons utilisé, en particulier, un extrait au chloroforme d'une diatomite du ravin de l'Ocelet et les trois constituants principaux de cet extrait : asphaltènes (+ acides asphaltogéniques), constituants huileux et résines.

		Constituants de l'extrait.		
	Extrait total.	Asphaltènes.	Constituants huileux.	Résines.
Propriétés initiales :				
Point de fusion	mou à 20°		pâteux	pâteux
Indice de potasse	158			
Constitution :				
Carbènes	néant	–	–	–
Asphaltènes	17%	100%	–	–
Constituants huileux	23	–	100%	–
Résines	60	–	–	100%
Après 402 h :				
Point de fusion	64°	–	–	–
Carbènes	2,8%	–	–	–
Asphaltènes	15,2	–	–	–
Constituants huileux	17,4	–	–	–
Résines	64,6	–	–	–
Après 1100 h :				
Point de fusion	71°	86°	40°	88°
Carbénoïdes	7,3%	16 %	néant	traces
Carbènes	5,8	7,2	néant	5,7%
Asphaltènes	14,4	58,3	néant	5,3
Constituants huileux	12,3	2,3	15,3%	2
Résines	60,2	16,2	84,7	87

L'évolution qui est décelée par l'augmentation du point de fusion se fait surtout vers des corps à poids moléculaire élevé, peu solubles. Chacun des constituants passe par les stades suivants : les constituants huileux donnent des résines. Les résines forment surtout des produits lourds (asphaltènes et

carbènes), mais il y a également production d'une petite quantité de liquide. Les asphaltènes donnent une faible proportion de produits à poids moléculaire plus faible (huile et résines) et ils évoluent surtout vers des corps à poids moléculaire plus élevé (carbènes et carbénoïdes).

Ces résultats ne sont valables que pour le genre de bitume que nous avons défini ci-dessus.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Réversion végétative de la fleur et néoténie provoquées expérimentalement, comme moyens physiologiques d'investigation sur la phylogénie et l'ontogénie des plantes à fleurs.* Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Par l'inhibition photopériodique succédant à une stimulation ménagée, on peut provoquer la réversion végétative de l'apex des fleurs ou des inflorescences, tandis que, par la stimulation photopériodique dès la germination, combinée avec la carence trophique, on peut provoquer la néoténie et l'extrême réduction des fleurs à l'essentiel de leurs parties sexuelles. Phylogénie et ontogénie pourront tirer parti de ces modes expérimentaux d'investigation.

La fleur passe à juste titre pour l'organe qui échappe le plus aux fluctuations du milieu, celui qui est ainsi le plus significatif pour la classification, en tant que révélateur des affinités phylogéniques. Ces expressions fondamentales de la Botanique sont pourtant jusqu'ici, plus spéculatives ou descriptives qu'expérimentales.

Cependant, le photopériodisme a permis, depuis 30 ans, d'ajouter à nos connaissances physiologiques sur les facteurs qui permettent ou qui empêchent la mise à fleur. Quelques auteurs ont remarqué que, par l'inhibition photopériodique succédant à la stimulation, il était parfois possible de voir un retour à l'état végétatif succéder à un déclenchement incomplet de la mise à fleur; Harder [1] notamment, a signalé des cas de phyllodies d'inflorescences de *Kalanchoe*. J'ai moi-même observé de nombreux cas de phénomènes analogues [2] et je veux ici en dégager le sens le plus fréquent :

Une plante devenue adulte et restée végétative en conditions photopériodiques de non-induction à la floraison, est placée un temps limité en conditions photo-inductives, puis ramenée dans les conditions premières : la sexualisation ainsi induite gagne les points végétatifs de leur périphérie à leur centre, mais l'inhibition consécutive peut, selon les cas d'espèces et selon l'intensité des actions exercées, soit faire avorter l'apex en voie

(1) *Symp. of the Soc. for. Exp. Biol.*, 2, 1948, p. 117-138; avec références aux publications antérieures.

(2) P. Chouard, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 96, *Mémoires*, 1949, p. 106-146; 1950, avec références aux publications antérieures.

de sexualisation, soit provoquer sa réversion vers la production d'une pousse végétative feuillée. Dans de telles expériences, les bractées, les involucres, même parfois sépales ou pétales, se forment d'ordinaire, même si le cœur de la fleur ou de l'inflorescence doit évoluer en pousse feuillée : j'ai indiqué notamment la formation de rosettes de feuille au milieu des involucres de *Scabiosa ukranica*, l'avortement des pétales et des pièces sexuelles chez certains *Dianthus*, la phyllodie des inflorescences de diverses *Valeriana* et *Valerianella*, mais aussi l'irréversibilité de la mise à fleur d'*Helianthemum guttatum*, etc.

Je veux maintenant opposer à ce premier moyen d'action un deuxième procédé expérimental qui en est, en quelque sorte, l'antithèse. En voici deux exemples, parmi beaucoup : je soumets *Bidens radiatus*, plante nyctipériodique, aux jours courts dès sa germination, et *Nigella damascena*, plante héméropériodique, aux jours continus dès sa germination. Je les induis ainsi à la sexualisation la plus précoce. Cette précocité est, morphologiquement, d'autant plus grande que l'intensité lumineuse est plus faible, mais non inférieure au minimum trophique (ici, vers 500 à 1000 lux). Je provoque ainsi, surtout chez *Bidens*, une véritable néoténie expérimentale : la plante demeure à l'état le plus infantile, ne montrant qu'une à trois paires de feuilles, petites, entières, presque semblables aux cotylédons et néanmoins, elle est déjà sexualisée, son apex devient un petit capitule floral. Mais en combinant cette stimulation à la néoténie avec la carence trophique par intensité lumineuse faible, j'amène la plante à réduire au minimum l'expression de ses fleurs ; j'obtiens ainsi des fleurs invraisemblablement petites ou réduites. Chez *Nigella*, il peut ne subsister que deux stigmates au lieu de cinq, un périanthe de moins de 2 mm de diamètre, avec suppression du verticille de bractées; ce seraient les caractères d'une tout autre espèce, même d'un autre genre. Chez *Bidens*, des plantes à une seule paire de feuilles peuvent réduire l'involucre terminal à quelques écailles invisibles à l'œil nu, et chaque fleur du capitule est réduite à un mamelon de moins de 1/10 de millimètre surmonté de papilles stigmatiques.

Des *Amarantus*, des *Chenopodium*, montrent de tels faits de néoténie expérimentale. Mais d'autres espèces n'admettent pas aussi aisément de devenir ainsi néoténiques, quoique la transformation florale subie soit encore dans le sens de la perte de l'inflorescence ou des bractées, au profit de la conservation des parties sexuées les plus apicales de la fleur.

Ces remarques et ces expériences semblent pouvoir ouvrir une voie vers une attaque féconde de l'ontogenèse de la fleur et de sa signification phylogénique par des moyens expérimentaux et non plus seulement descriptifs, avantageusement opposés et complémentaires : d'une part, en faisant agir l'inhibition photopériodique après une induction ménagée,

on peut provoquer des réversions végétatives apicales alors que les pièces florales périphériques se différencient. D'autre part, en faisant agir la carence trophique avec la néoténie expérimentale due à l'action précoce de la stimulation photopériodique (ou équivalente), on amène la plante à extérioriser ses structures juvéniles et à exprimer l'essentiel de sa sexualisation aux dépens des parties périphériques de la fleur. Dès à présent, l'extrême diversité des réponses obtenues autour de ce thème suggère, d'une part la prudence dans la généralisation des résultats et, d'autre part évoque la richesse des informations qui peuvent provenir de tels moyens d'attaque. Cette diversité même suscite quelques doutes sur l'unicité de signification ou de valeur des parties des fleurs qu'on couvre d'un même nom; elle permet de penser que, si nous pouvons un jour réviser expérimentalement une partie de nos hypothèses sur l'évolution, bien des parentées supposées se révéleront comme de simples convergences.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Structure du point végétatif de* Ginkgo biloba *en période d'activité* (*initiation foliaire*). Note de M. **Henri Camefort**, présentée par M. Raoul Combes.

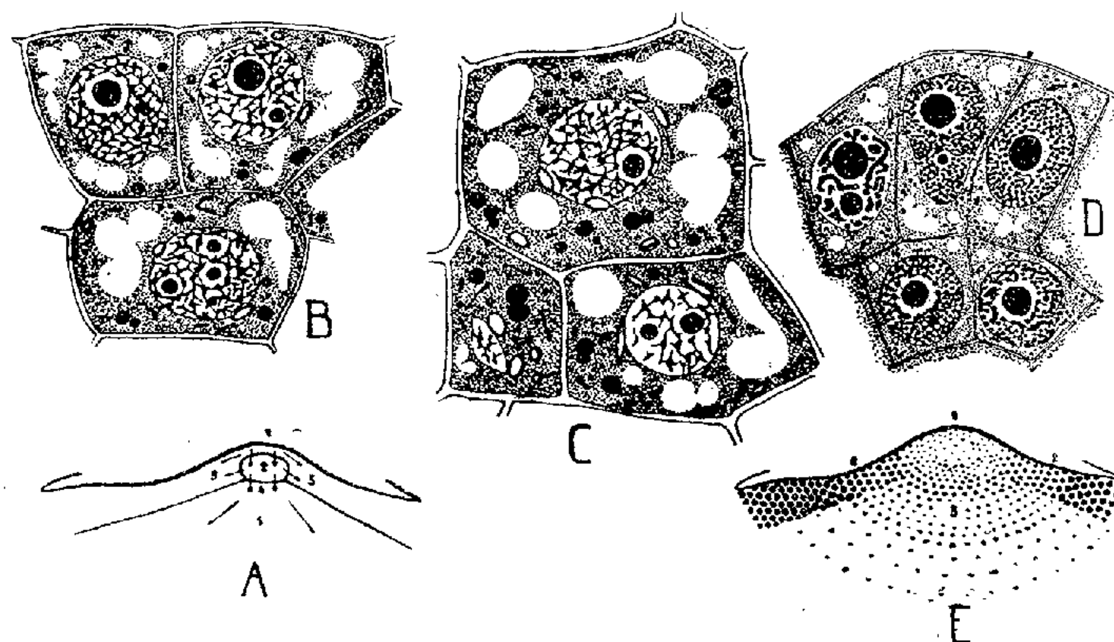
L'initiation foliaire est liée à un processus cytologique de *dédifférenciation* qui s'effectue sur les flancs du point végétatif. La zone apicale, non homogène, n'est pas directement engagée dans l'organogénèse.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons décrit la structure du point végétatif de *Picea excelsa,* structure définie par des données cytologiques. Cette méthode d'investigation cytologique a été utilisée pour l'étude des points végétatifs de rameaux longs et courts de *Ginkgo biloba*; les résultats obtenus s'opposent aux conclusions de Foster ([2]) qui, sur ce matériel, par l'étude des filiations cellulaires, a établi une topographie de l'apex du *Ginkgo* qui a été étendue, par d'autres auteurs, à de nombreuses Gymnospermes (*fig.* A). Cependant, pour faciliter la description, nous emploierons, pour désigner certaines zones, la terminologie de Foster, sans pour cela en accepter le contenu ontogénique.

Les cellules « *initiales apicales* » (*fig.* B) sont largement vacuolaires, leur cytoplasme renferme, à côté d'un chondriome banal, des plastes volumineux. Les inclusions soudanophiles y sont fréquentes et les noyaux peu chromophiles offrent de très rares figures de mitose. Les « *cellules mères centrales* » (*fig.* C) sont de larges cellules au vacuome très développé; les inclusions soudanophiles et les plastes sont très abondants. Nous n'avons

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 65.
([2]) *Bull. Torrey. Bot. Cl.*, 65, 1938, p. 536, 556.

pas observé de divisions cellulaires dans cette zone où elles doivent être exceptionnelles. Les « *cellules mères centrales* » sont bordées sur leurs flancs et sous elles (« *cellules mères de la moelle* ») par des cellules moins différenciées qui forment une transition avec les méristèmes de flanc et le méristème médullaire. Les flancs du point végétatif ou « *euméristème* » présentent des cellules proliférant activement; leur structure se modifie



A. Structure du point végétatif de *Ginkgo biloba* d'après Foster (1, cellules initiales apicales; 2, cellules mères centrales; 3, euméristème; 4, cellules mères de la moelle; 5, méristème médullaire). — B. Cellules initiales apicales (fixateur de Meves). — C. Cellules mères centrales. — D. Cellules d'un initium foliaire — E. Structure du point végétatif de *Ginkgo b.*, d'après l'étude cytologique. La densité du pointillé est fonction de l'état indifférencié des cellules. (1, zone apicale; 2, anneau initial; 3, méristème médullaire.)

régulièrement au fur et à mesure qu'on s'éloigne des « initiales apicales » et des « cellules mères centrales » : les vacuoles sont très petites et souvent séparées en sphérules isolées; les plastes régressent; les inclusions soudanophiles sont peu importantes. Les initiums foliaires qui émergent sont formés de cellules (*fig.* D) au cytoplasme dense, contenant de minuscules vacuoles sphériques, un chondriome homogène avec çà et là quelques rares plastes incomplètement résorbés. Les noyaux très chromophiles montrent des nucléoles de grande taille. Les cellules du « *méristème médullaire* », moins dédifférenciées que celles qui construisent les initiums foliaires, sont plus méristématiques que les cellules de l'apex. Alignées verticalement en files régulières, elles ont un aspect cambial typique.

L'étude cytologique du point végétatif de *Ginkgo biloba*, en période d'activité, montre donc que les lieux de haute activité méristématique ne sont pas à son sommet, mais sur ses flancs (*fig.* E). Ils s'expriment par un *processus de dédifférenciation* cellulaire intimement lié à l'initiation foliaire. Ce processus est donc un élément essentiel de la définition de l'*anneau initial* de L. Plantefol.

La *zone apicale*, qui correspond à l'ensemble des « initiales apicales »,

des « cellules mères centrales » et des « cellules mères de la moelle » du schéma de Foster, est, comme chez l'*Epicea*, une région non méristématique qui ne participe, au moins directement, ni à l'initiation des feuilles et de leurs soubassements, ni à la croissance de la moelle. Cette zone apicale n'est pas homogène comme celle de *Picea excelsa* : le centre est plus différencié que la périphérie.

Ce dernier point mérite d'être souligné : en effet, les cellules axiales de la *tunica* du point végétatif des Angiospermes sont moins méristématiques que celles situées sur les flancs, mais, très souvent, moins différenciées que celles du *corpus* sous-jacent. Il y a donc une certaine analogie cytologique entre la zone axiale de la tunica des Angiospermes et les « initiales apicales » de *Gingko biloba*, et entre le corpus et les « cellules mères centrales ». Le caractère irréductible que présentent les structures classiques des points végétatifs des Angiospermes et des Gymnospermes s'estompe lorsqu'on établit celles-ci avec des faits cytologiques, et les termes : *anneau initial*, *zone apicale* (homogène ou non) et *méristème médullaire* désignent donc des unités fonctionnelles fondamentales du point végétatif des Spermaphytes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un flavonoside des fleurs d'*Opuntia vulgaris *Miller*. Note de M. **René Paris**, présentée par M. René Souèges.

Des fleurs d'*Opuntia vulgaris* a été séparé à l'état cristallisé un nouvel hétéroside de la série flavonique, l'*opuntiaflavonoside* donnant par hydrolyse acide du glucose et un aglycone qui est un flavonol. Comme beaucoup de dérivés flavoniques, cet hétéroside diminue la perméabilité des capillaires sanguins.

Si les fruits (figues de Barbarie) et les tiges charnues de l'*Opuntia vulgaris* ont déjà fait l'objet de quelques travaux chimiques mettant notamment en évidence de la pectine [1], de l'acide ascorbique et des caroténoïdes [2], il n'en est pas de même des fleurs utilisées en Afrique du Nord comme antidiarrhéiques.

Des essais préliminaires nous ayant permis de mettre en évidence un mucilage (qui sera étudié ultérieurement) et une substance flavonique, nous avons tenté l'extraction de celle-ci.

Le procédé à l'alcool bouillant, suivi de reprise de l'extrait alcoolique par l'eau chaude après dégraissage par l'éther, n'ayant pas donné de résultats satisfaisants, par suite vraisemblablement de la trop forte solubilité de la flavone dans l'eau, nous avons essayé l'épuisement par solvants successifs dans l'appareil de Soxhlet. Les fleurs sèches ont été épuisées à

(1) H. Diacono et V. Massa, *Ann. pharm. françaises*, 6, 1948, p. 457 et 481.
(2) C. Cocuzza, *Il Farmaco*, 1, 1946, p. 339.

tour de rôle par l'éther de pétrole, le benzène, l'éther, le chloroforme, l'acétate d'éthyle, l'acétone et enfin l'alcool; les quatre premiers solvants fournissent des extraits ne donnant que très faiblement les réactions colorées des dérivés flavoniques; par contre, l'acétate d'éthyle se montre assez riche en pigment jaune et les liqueurs, après concentration et déshydratation sur sulfate de sodium anhydre, laissent déposer au bout de quelques jours une poudre cristalline jaune soufre, qui est purifiée par dissolution à chaud dans l'alcool dilué. L'épuisement ultérieur du marc par l'acétone et l'alcool ne donne que de faibles quantités de pigment flavonique très impur. On obtient ainsi, avec un rendement d'environ 2 $^0/_{00}$, une substance jaune pâle, cristallisée en aiguilles, de F 182-184° (bloc Maquenne), perdant 5,9 % d'eau après séjour de 2 h à l'étuve à 100°; elle est lévogyre : α_D (alcool) = — 12°, peu soluble dans l'eau froide, mais très soluble à chaud, insoluble dans l'éther de pétrole, le benzène, le chloroforme, l'éther; elle se dissout, surtout à chaud, dans l'alcool, l'acétate d'éthyle, l'acétone, l'acide acétique et la pyridine. Elle présente de nombreuses réactions colorées qui permettent de la classer dans le groupe des pigments flavoniques : coloration jaune foncé en solution alcaline, disparaissant par acidification, fluorescence jaune en milieu sulfurique, coloration verte avec le perchlorure de fer et bleue avec le réactif phosphomolybdique de Folin. L'obtention d'une teinte rouge avec le magnésium en milieu chlorhydrique, d'une coloration jaune orangé avec le pentachlorure d'antimoine en milieu chloroformique, d'une fluorescence jaune verdâtre avec le réactif citroborique de Wilson montrent qu'il s'agit vraisemblablement d'un flavonol [3].

La coloration rouge obtenue par réduction ne passe pas immédiatement dans l'alcool amylique ou l'alcool octylique; d'autre part, le pigment réduit la liqueur de Fehling après ébullition avec un acide minéral, il s'agit donc d'un hétéroside. En solution à 1 % dans de l'acide sulfurique à 3 % (en volume) après chauffage de 4 h au bain-marie bouillant, cet hétéroside fournit 51 % d'aglycone, recueilli sur creuset de Gooch. Cette génine comporte un groupement méthoxyle et, d'après l'acétylation pyridinée, contiendrait trois hydroxydes acétylables, il s'agirait donc d'un trihydroxyméthoxyflavonol; elle fournit, après fusion alcaline, un phénol présentant les réactions du phloroglucinol et un acide phénol (acide protocatéchique ?); dans le filtrat est apparu un sucre réducteur, dont le pouvoir rotatoire est voisin de + 48°, fournissant une osazone insoluble dans l'alcool méthylique, de F 206°, se rapprochant par conséquent de la glucosazone; cet hétéroside n'a pu être identifié à une substance déjà connue et nous proposons de le dénommer *opuntiaflavonoside*.

---

(3) R. PARIS, *Ann. pharm. françaises*, 8, 1950, p. 65.

Au point de vue physiologique, ce pigment flavonique est peu toxique : la Souris supporte sans dommage apparent 1 g : kg (voie sous-cutanée); chez le Chien, par voie intraveineuse à la dose de 5 mg : kg, il ne provoque qu'une faible hypotension; à la dilution de 1 pour 2 500, cet hétéroside inhibe presque totalement les mouvements péristaltiques de l'intestin isolé du Lapin; enfin, comme beaucoup de dérivés flavoniques, il diminue la perméabilité capillaire (technique du bleu trypan); son activité est au moins égale à celle du rutoside.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du « lait de Maïs » sur la croissance des tissus de Carotte* in vitro. Note de MM. **Georges Netien**, **Gildas Beauchêne** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le caryopse de Maïs non mûr présente un albumen laiteux, plus ou moins opalescent, qui, au cours du développement du grain, se transforme par la suite en une masse solide composée en grande partie d'amidon. Ce liquide laiteux est capable de stimuler la croissance sur milieu synthétique d'embryons excisés, comme l'ont montré pour la première fois S. M. Caplin et E. C. Steward (1).

L'action biologique notée par ces auteurs est du même ordre que celle du lait de coco, dont les propriétés stimulantes vis-à-vis de divers organismes sont bien connues. Duhamet (2) ayant montré récemment que le lait de coco est également capable d'activer la croissance des tissus végétaux, nous nous sommes demandé dans quelle mesure le lait de Maïs allait influencer le comportement de tels tissus, cultivés *in vitro* selon la technique de R. Gautheret (3).

Dans ce but, nous avons incorporé l'extrait à étudier à des milieux composés de liquide de Knop dilué au demi, additionné de gélose (1 %), de saccharose (40 %), de chlorhydrate de cystéine (10^{-5}) et de vitamine B_1 (10^{-6}).

Trois types de milieux ont été réalisés :

1° Milieu témoin : sans lait de Maïs, ni acide indol acétique.

2° Milieu comprenant 10^{-7} d'acide indol acétique sans lait de Maïs.

3° Milieu renfermant 5, 10, 25 % de lait de Maïs sans acide indol acétique.

Ces milieux ont été stérilisés 20 mn à 110°, puis ensemencés avec des fragments de culture de carotte provenant de la souche cultivée par M. R. J. Gautheret depuis de nombreuses années. Ces fragments pesaient initialement environ 190 mg.

Après 30 jours de culture (température + 20° — faible éclairement) ces fragments furent pesés, et l'accroissement de poids fut calculé en milligrammes par différence entre le poids initial et le poids final.

---

(1) *Science*, 108, 1948, p. 655.

(2) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1353.

(3) *Bull. Soc. Chimie Biol.*, 24, 1942, p. 13-46.

Six cultures furent utilisées pour diminuer les erreurs individuelles dans chaque milieu, le poids initial variant entre 1 190 et 1 200 mg. Les résultats sont consignés dans le Tableau suivant :

Milieu témoin.	Poids final.	Accroissement de poids.	Accroissement par rapport au témoin.	Augmentation par rapport au témoin %.
Milieu témoin	3,480	2,280	–	–
Milieu avec acide indolacétique 10^{-7}.	4,960	3,760	1,480	64
Milieu avec lait de Maïs à 5%	8,055	6,855	4,575	200
Milieu avec lait de Maïs à 10%	11,835	10,635	8,355	370
Milieu avec lait de Maïs à 25%	9,745	8,545	6,265	274

L'examen de ce tableau montre que le tissu de carotte cultivé en présence d'acide indol acétique donne une augmentation de poids, la dose 10^{-7} étant celle utilisée pour obtenir un maximum de rendement (2).

La substitution dans ce milieu de « lait de Maïs » à l'hétéroauxine à des doses allant de 5 à 25 % détermine une accélération telle que l'on peut prévoir la présence d'une substance thermostable capable de stimuler la multiplication cellulaire. L'ordre de grandeur étant par rapport au milieu témoin : 200 %, 370 % et 274 %. Ces résultats ne semblent pas pouvoir être attribués uniquement à la présence d'acide indol acétique dans le lait de Maïs, les variations à des doses « physiologiques » de 10^{-7} à 10^{-12} ne donnant pas cet accroissement.

L'étude d'une fraction alcoolique de lait de Maïs, et celle de la partie insoluble, ont conduit également à des résultats aux doses indiquées ci-dessus, de l'ordre de 150 à 200 % par rapport au témoin. Nous espérons confirmer ces recherches, en utilisant des cultures de tissus incapables de proliférer sans substances de croissance dans le milieu.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la constitution chimique de l'asiaticoside et notamment de l'acide asiatique.* V (1). *Élimination des trois hydroxyles de l'acide asiatique.* Note de Mme **Judith Polonsky**, transmise par M. Marcel Delépine.

Description d'un acide F 175° et 245-255°, $[\alpha]_D = +87°,2$ et de son ester méthylique F 112-114°. $[\alpha]_D = +79°$ résultant de l'élimination des trois hydroxyles de l'acide asiatique.

Il a été montré antérieurement (1), (2), (3) que l'acide asiatique $C_{30}H_{48}O_5$

(1) IVe Communication, *voir* J. Polonsky, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1878.

(2) P. Boiteau, A. Buzas, E. Lederer et J. Polonsky, *Nature*, 163, 1949, p. 258; *Bull. Soc. Chim. Biol.* 31, 1949, p. 46.

(3) J. Polonsky, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1450; 230, 1950, p. 485 et 1784.

(I*a*), aglycone de l'asiaticoside ([2]), ([4]), possède une double liaison inerte, 3 hydroxyles (dont deux secondaires en position 1, 2) et un carboxyle.

Dans l'intention d'obtenir un acide triterpénique connu, nous avons entrepris l'étude de l'élimination des hydroxyles de l'acide asiatique.

Après avoir montré dans une Note précédente ([4]) que la fonction glycol-1.2 peut être oxydée en dicétone-1.2 énolisable, nous avons appliqué les réactions généralement employées en série triterpénique pour la réduction de l'hydroxyle : R—CHOH—R' → R—CO—R' → R—CH_2—R' ([5]).

L'asiatate de méthyle (I*b*) oxydé à froid, en solution benzène-acide acétique, par l'acide chromique, fournit 70 % de produit neutre, amorphe, donnant une coloration rouge violacé avec le Cl_3Fe alcoolique et présentant en solution éthanolique une bande d'absorption dans l'ultraviolet à 278 mμ($\log \varepsilon = 3,6$). La chromatographie sur Al_2O_3 de ce produit a montré qu'il n'était pas homogène et n'a pas permis d'obtenir un produit cristallisé. Nous comptons rapporter plus tard l'étude de sa composition.

Le produit d'oxydation ci-dessus est soumis à une réduction par le Zn amalgamé et HCl-acide acétique. Après des chromatographies et cristallisations répétées nous isolons une substance bien cristallisée, ne présentant plus de spectre caractéristique dans l'ultraviolet, F 112-114° ([6]) $[\alpha]_D + 79°$ [($CHCl_3$) $c = 1,0$]. Les microanalyses élémentaires et le dosage de OCH_3 concordent avec la formule $C_{31}H_{50}O_2$ (calculé %, C 81,88, H 11,08, OCH_3 6,83; trouvé %, C 81,70, H 11,00, OCH_3 6,91). Les deux seuls atomes d'oxygène de la molécule appartiennent à la fonction ester (II*b*). Celle-ci peut être saponifiée soit par chauffage avec la potasse alcoolique à 20 % à 150° en tube scellé, soit par chauffage à reflux avec la potasse à 20 % dans l'éthylèneglycol. L'acide (II*a*) ainsi obtenu, cristallisé dans le benzène, présente un double point de fusion : 170 et 245-255°. $[\alpha]_D + 87°$, [($CHCl_3$) $c = 1,08$]. $C_{30}H_{48}O_2$, calculé %, C 81,76, H 10,90, trouvé % C 81,55, H 10,77. P. M. par alcalimétrie : calculé 440, trouvé 445. Estérifié par le diazométhane il redonne l'ester (II*b*).

La double liaison de l'asiatate de méthyle est très résistante à l'hydrogénation catalytique ([3]). Elle est également inerte envers l'action de l'acide perbenzoïque : tandis que l'acétyl-oléanolate de méthyle est transformé par action de l'acide perbenzoïque en cétone saturée ([5]), ([7]), le triacétyl-asiatate de

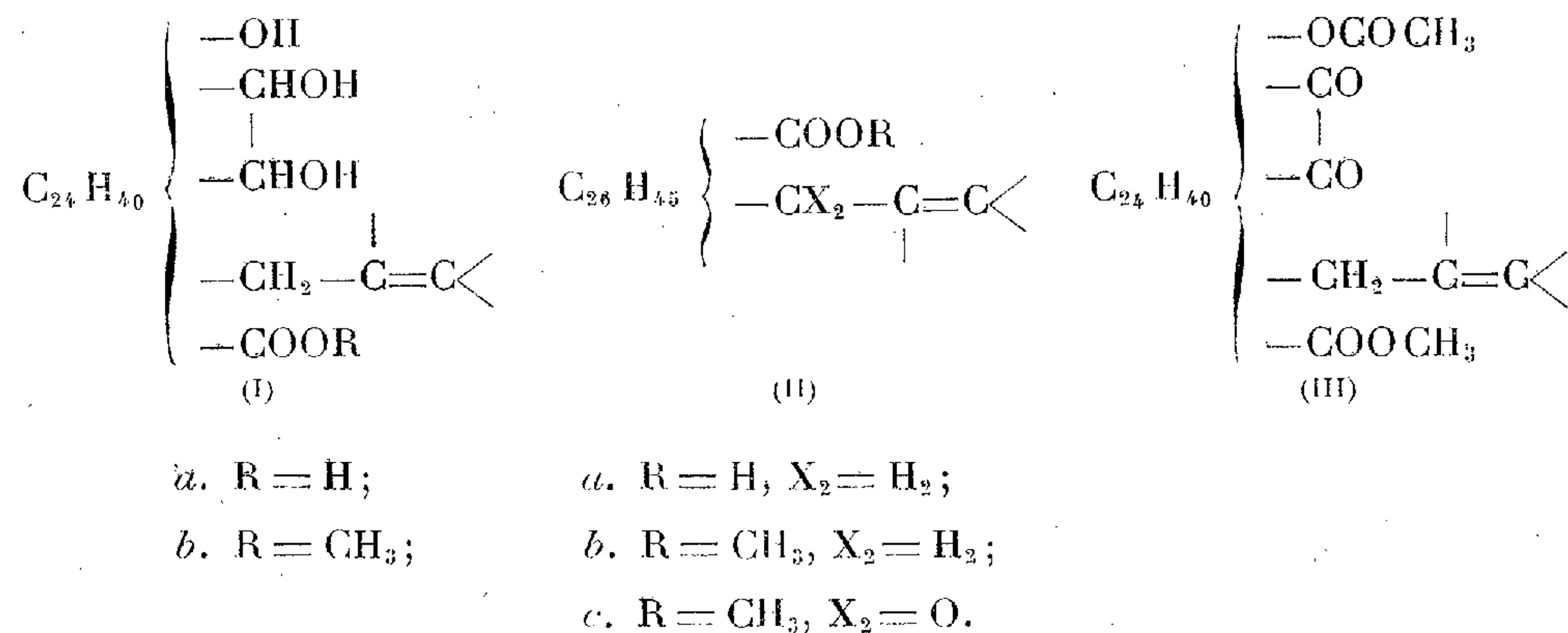
([4]) M. Frèrejacques, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1510.

([5]) O. Jeger, *Fortschritte der Chemie der organischen Naturstoffe* de L. Zechmeister, Bd. 7, p. 69, Springer Verlag, Wien, 1950.

([6]) Tous les points de fusion de ce travail ont été pris sous le microscope avec l'appareil de Kofler et sont corrigés.

([7]) L. Ruzicka et S. L. Cohen, *Helv. Chim. Acta*, 20, 1937, p. 804.

méthyle soumis au même traitement, dans les mêmes conditions, est récupéré inchangé. L'asiatate de méthyle se comporte dans cette réaction comme les triterpènes de la série de l'α-amyrine ([5]).



L'hydrogénation catalytique et l'oxydation perbenzoïque sont aussi sans action sur la substance (II *a*). La présence d'une double liaison inerte est démontrée par la préparation d'une cétone α, β insaturée (II *c*). En effet, la substance (II *b*), oxydée à froid en solution benzène-acide acétique par un excès d'acide chromique, fournit en bon rendement un produit F 134-136° (II *c*) qui présente un spectre d'absorption dans l'U. V. caractéristique d'une cétone α, β insaturée (λ_{max} 250 mμ log ε = 4,0) $C_{31}H_{48}O_3$, calculé %, C 79,43, H 10,30, trouvé %, C 79,21, H 10,19.

Nous avons, par ailleurs, traité l'hydroxy-dicétone acétylée (III), décrite antérieurement ([1]), par l'hydrazine et l'éthylate de Na en tube scellé à 200° (réaction de Wolff-Kishner) dans l'intention d'obtenir un acide monohydroxylé. Mais nous isolons avec un rendement de 50 % un acide qui s'avère être identique à l'acide (II *a*). Estérifié par le diazométhane il donne l'ester (II *b*). Tout se passe comme si le — CHOH — provenant de la saponification de l'acétate (III) était réduit en — CH_2 —; une déshydratation préliminaire suivie de réduction est possible. Des anomalies analogues au cours de la réaction de Wolff-Kishner ont déjà été signalées ([8]), ([9]).

Le fait d'isoler la même substance (II *a*), dans les deux cas, semble prouver que les trois hydroxyles de l'asiatate de méthyle ont été éliminés sans changement du squelette carboné. Cet acide (II *a*) ne semble pas encore avoir été décrit dans la bibliographie.

([8]) T. F. Gallagher et W. P. Long, *J. Biol. Chem.*, **162**, 1946, p. 529.

([9]) R. D. H. Heard et A. F. Mc Kay, *J. Biol. Chem.*, **165**, 1946, p. 679.

PÉDOLOGIE. — *Sur l'altération des granites à gros grains en Auvergne.* Note de M. **Daniel Collier**, présentée par M. Albert Demolon.

Cette étude porte sur l'examen comparé du granite avec l'arène et le sol qui en proviennent.

Les deux profils étudiés sont situés à 700 m d'altitude environ, l'un en Combraille près de Saint-Gervais, l'autre au bord Sud-Est du plateau de la Chaîne des Puys près de Varennes.

Le premier représente le profil normal que l'on rencontre sur les plateaux granitiques de l'Auvergne : un sol de 60 à 80 cm d'épaisseur passant progressivement à l'arène, dont la partie supérieure est humifère sur 15 à 20 cm.

Le second représente un sol jeune, profond de 20 cm environ, humifère sur 8 cm seulement, passant assez brusquement à l'arène.

Les roches mères ont été prélevées à proximité des profils. Ce sont des granites à biotite dont les feldspaths sodi-potassiques sont représentés par le microcline sodique, et les calco-sodiques par l'oligoclase pour Saint-Gervais et par l'andésine pour Varennes.

Dans l'arène les minéraux sont encore en place. Le quartz et certains feldspaths semblent peu altérés. D'autres feldspaths au contraire ont perdu leur aspect cristallin et leur cohésion, tandis que les biotites se présentent avec une couleur mordorée ou dorée.

Dans l'analyse mécanique on retrouve le quartz et les feldspaths inaltérés principalement dans les fractions supérieures à 0,2 mm, tandis que les autres feldspaths et les biotites sont plus particulièrement rassemblés dans les fractions comprises entre 0,02 et 2 mm. L'examen microscopique de la fraction 0,02 et 0,2 mm montre que les feldspaths pulvérisés sont les plagioclases.

Dans le sol les minéraux ne sont plus en place. On peut y faire les mêmes observations que précédemment, à cela près que les minéraux sont plus divisés et dans des proportions bien différentes; les biotites sont plus décolorées et les plagioclases ont sensiblement diminué par rapport aux autres minéraux. Enfin la fraction inférieure à 0,002 mm représentant le complexe d'altération a considérablement augmenté.

L'analyse chimique a permis de reconnaître que les cristaux cohérents sont les microclines et que leur altération chimique est pratiquement nulle. En effet, pour deux échantillons provenant des sols de chacun des profils, les rapports moléculaires SiO_2/Al_2O_3 et $Al_2O_3/(K_2O + Na_2O)$ ont été trouvés respectivement égaux à 5,93 et 5,96, et 0,99 et 1,02.

Pour deux échantillons de micas dorés, isolés de la fraction 0,2-2 mm on

a constaté, outre une hydratation sensible, des pertes importantes à la fois des trois éléments : fer, magnésium et potassium.

Enfin les compositions chimiques de l'ensemble des fractions cristallines (éléments supérieurs à 0,002 mm) de l'arène (C_0) et du sol (A_0 et A_1) ont été déterminées. Les résultats pour chacun des horizons des deux profils sont donnés dans le tableau ci-dessous en comparaison avec la composition des granites de référence (C_r).

		Saint-Gervais.				Varennes.		
Notation des horizons		A_0.	A_1.	C_0.	C_r.	A_1.	C_0.	C_r.
Profondeur des prélèvements (m)		0,00–0,18	0,25–0,50	1,30–1,50	–	0,08–0,16	0,22–0,40	–
Proportion % du total		83,8	85,8	96,6	100	89,7	95,5	100
Pour 100 de substance sèche.	SiO_2	72,4	71,4	67,4	67,9	69,8	66,1	61,4
	Al_2O_3	12,7	14,1	16,7	15,6	14,4	16,1	18,3
	Fe_2O_3	2,7	2,8	2,3	2,5	2,5	4,0	4,6
	CaO	0,58	0,49	0,77	1,9	0,88	0,54	3,9
	MgO	0,84	0,77	1,4	1,6	1,2	1,6	2,5
	K_2O	5,2	5,2	5,2	5,2	5,7	6,1	4,4
	Na_2O	1,7	1,9	2,4	3,5	2,4	1,8	3,6
	TiO_2	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	1,1	0,9
	P_2O_5	0,43	0,17	0,22	0,24	0,10	0,23	0,34
	H_2O	2,8	2,6	3,0	1,1	2,3	2,5	0,5
Rapports moléculaires.	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	9,78	8,62	6,82	7,39	8,21	7,00	5,70
	$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$	71,6	68,1	77,9	72,5	72,7	44,2	35,7
	$\frac{SiO_2}{K_2O}$	21,9	21,6	20,3	20,5	19,0	17,0	21,6
	$\frac{SiO_2}{MgO+Na_2O+CaO}$	20,6	20,4	12,8	8,68	13,7	14,1	5,38

On peut considérer que ces fractions cristallines représentent approximativement les restes de l'altération de l'ensemble des minéraux de la roche. L'examen de ces chiffres et de leurs rapports moléculaires mettent en évidence l'inégalité des pertes des divers éléments, lesquels se classent dans l'ordre suivant de mobilité croissante : SiO_2 et $K_2O < Al_2O_3 < Na_2O \leq MgO < CaO$.

Le fer se classe le premier pour le profil de Saint-Gervais et après l'alumine dans celui de Varennes. Cet élément peut en effet être plus ou moins retenu sous forme de limonite dans les plaquettes de mica. Le classement de la potasse confirme la moindre altérabilité des feldspaths alcalins *dans leur ensemble*. Par contre les pertes importantes de chaux, de soude et de magnésie montrent la grande vulnérabilité chimique des feldspaths calcosodiques et des biotites. Enfin l'augmentation de la richesse en eau met en évidence le rôle important de l'hydratation dans les phénomènes de l'altération.

Conclusion. — Sous notre climat, comme l'ont montré Demolon et Bastisse [1], la kaolinisation des feldspaths, en particulier des alcalins, ne peut être invoquée comme cause essentielle de la désagrégation des granites à gros grains. Celle-ci est due à la pulvérisation des feldspaths calcosodiques consécutive à leur hydratation. Ces feldspaths ainsi que les biotites perdent leurs bases puis disparaissent par transformation argileuse. L'intensité de ces phénomènes chimiques augmente avec la division de la matière et devient maximum dans le sol. Quant aux feldspaths alcalins, ils se craquellent difficilement et ne s'altèrent chimiquement qu'après une fine division sous l'influence des agents physiques. Ils tendent donc à s'accumuler avec le quartz.

PHYSIOLOGIE. — *Une nouvelle technique photosphygmographique.* Note [*] de MM. **André Lemaire, André Dognon, Jacques Loeper** et **Edouard Housset**, transmise par M. Léon Binet.

Les techniques classiques de pléthysmographie se proposent d'apprécier, par la variation du volume d'un organe lors de l'ondée systolique, les variations du débit sanguin qui affecte ledit organe. Entre les mains de G. E. Burch [1], R. S. Megibow [2], Gœtz [3], qui leur ont apporté des améliorations importantes et qui ont mis au point des appareils portatifs, elles se sont révélées susceptibles d'application clinique et ont permis une étude très poussée de certaines affections vasculaires périphériques; mais elles ne donnent du pouls qu'un enregistrement assez imprécis et généralement de faible amplitude.

Leibel [4], Matthes et ses collaborateurs [5] ont appliqué un principe tout différent qui est le suivant : il consiste à transilluminer la région qu'on se propose d'explorer (doigt, espace interdigital); la lumière transmise est recueillie sur une cellule photoélectrique. Chaque variation du flux sanguin entraîne une variation de la densité optique des tissus qu'enregistre la cellule. De la sorte, J. R. Corboz [6], Giovannini [7] ont pu, non seulement enregistrer optiquement le pouls dit capillaire et les modifications provoquées par l'administration de divers agents pharmacodynamiques, mais

---

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1495.

(*) Séance du 25 juin 1951.

(1) *Amer. Heart, Journ.*, 33, 1947, p. 48-53.

(2) *The Amer. J. of med.*, 4, n° 6, 1948, p. 798-804.

(3) *La Semaine des Hôpitaux de Paris*, 25, 1951, p. 1077-1091.

(4) *British Heart Journ.*, 2, n° 5, 1940, p. 141-149.

(5) K. Mattes et W. Hauss. Klin, *Wsch.*, 17, 1944, p. 1211.

(6) *Helv. Physiol. Acta.*, 6, 1948, p. 55-67.

(7) *Minerva Medica*, 35, 1949, p. 72-77.

encore mesurer, d'une façon précise, la vitesse circulatoire dans le membre inférieur par la détermination du temps qui s'écoule entre l'injection dans l'artère fémorale de Geygi-bleu et la variation de densité optique que provoque l'arrivée de ce colorant au niveau des orteils explorés par le photopléthysmographe.

Ces renseignements précieux justifient l'intérêt porté actuellement aux méthodes photopléthysmographiques. Cependant, elles paraissent justiciables de quelques critiques :

du fait même qu'il s'agit d'une transillumination, la technique n'est applicable qu'à certains territoires bien définis : doigts, espaces interdigitaux, paume de la main;

d'après les courbes publiées (et les essais que nous avons pu faire le confirment), il est difficile d'obtenir des tracés d'une amplitude supérieure à 1 ou 2 cm chez le sujet normal, à moins de recourir à des méthodes d'amplification compliquées;

enfin, le faisceau lumineux traversant l'ensemble d'un organe, la courbe enregistrée représente la somme des phénomènes circulatoires qui s'y déroulent, c'est-à-dire essentiellement la circulation cutanée, mais aussi la circulation dans les artères digitales et interdigitales et la circulation dans les masses musculaires. Ceci est un inconvénient grave étant donné le manque de parallélisme existant entre ces différentes circulations. On sait, en effet, que pour une même excitation vasomotrice, la circulation cutanée et la circulation musculaire ont, le plus souvent, une réaction inverse.

Nous avons essayé de remédier à ces inconvénients en imaginant un appareil reposant sur un principe quelque peu différent. Il fonctionne, non plus par transmission, mais par réflexion, c'est-à-dire qu'on applique sur la peau une cellule photoélectrique à couche d'arrêt perforée en son centre. Par cet orifice, un faisceau lumineux vient frapper les téguments et se réfléchit sur eux, l'intensité de la lumière réfléchie varie selon que le flux sanguin cutané s'accroît ou diminue, impressionnant plus ou moins la couche sensible de la cellule. Une autre cellule photoélectrique, montée en opposition et recevant une quantité de lumière fixe, permet l'obtention d'un zéro; un galvanomètre de Moll placé dans le circuit permet l'enregistrement optique. Les téguments sont éclairés en lumière blanche, la source utilisée est une lampe Philipps de 100 bougies alimentée par un stabilisateur de courant.

Cet appareil nous permet :

1° d'enregistrer le pouls en n'importe quel point du territoire cutané;

2° d'obtenir des tracés de grande amplitude : c'est ainsi que la main, les doigts, les espaces interdigitaux donnent des tracés dont l'amplitude peut atteindre 5 à 6 cm avec un bras de levier lumineux de 1 m environ.

Les régions abdominales, dorsales et thoraciques, les membres inférieurs et le pied permettent l'enregistrement d'un pouls de 2 cm d'amplitude; mais le bras et l'avant-bras ne donnent que des tracés de l'ordre de 0,5 à 1 cm, ceci vraisemblablement du fait d'une vascularisation cutanée plus pauvre.

Cet appareil n'explore que la seule circulation cutanée à l'exclusion de celle des masses musculaires sous-jacentes. D'ailleurs, l'intensité du faisceau lumineux utilisé, c'est-à-dire sa pénétration, est la même que celle qu'on emploie en capillaroscopie. Il n'est pas à proprement parler un photopléthysmographe, mais plutôt un photosphygmographe. Mais la signification du pouls par lui enregistré n'est pas absolument définie : il reste à savoir si le phénomène est artériolaire ou capillaire.

HISTOLOGIE. — *Contribution à la connaissance de la structure microanatomique du poil de laine.* Note de MM. **Frédéric Maillard** et **Joseph Szymanek**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le poil de laine prend naissance dans le follicule pilaire, qui se forme par invagination de la couche malpighienne dans le derme. Cette couche de cellules forme en même temps, au voisinage du follicule pilaire, en communication avec celui-ci, des glandes sébacées et des glandes sudoripares.

Dans ce follicule, nous observons un amas de cellules épidermiques, dont la plupart se différencient en cellules corticales du futur poil, et, selon l'espèce zoologique, en cellules médullaires. Ces cellules épidermiques du follicule donnent aussi naissance à deux couches unicellulaires, dont l'une, l'externe, formera la cuticule du poil, l'autre, l'interne (couche de Huxley), cesse de se développer ou se collapse au niveau de l'épiderme, dès que le poil surgit de son follicule.

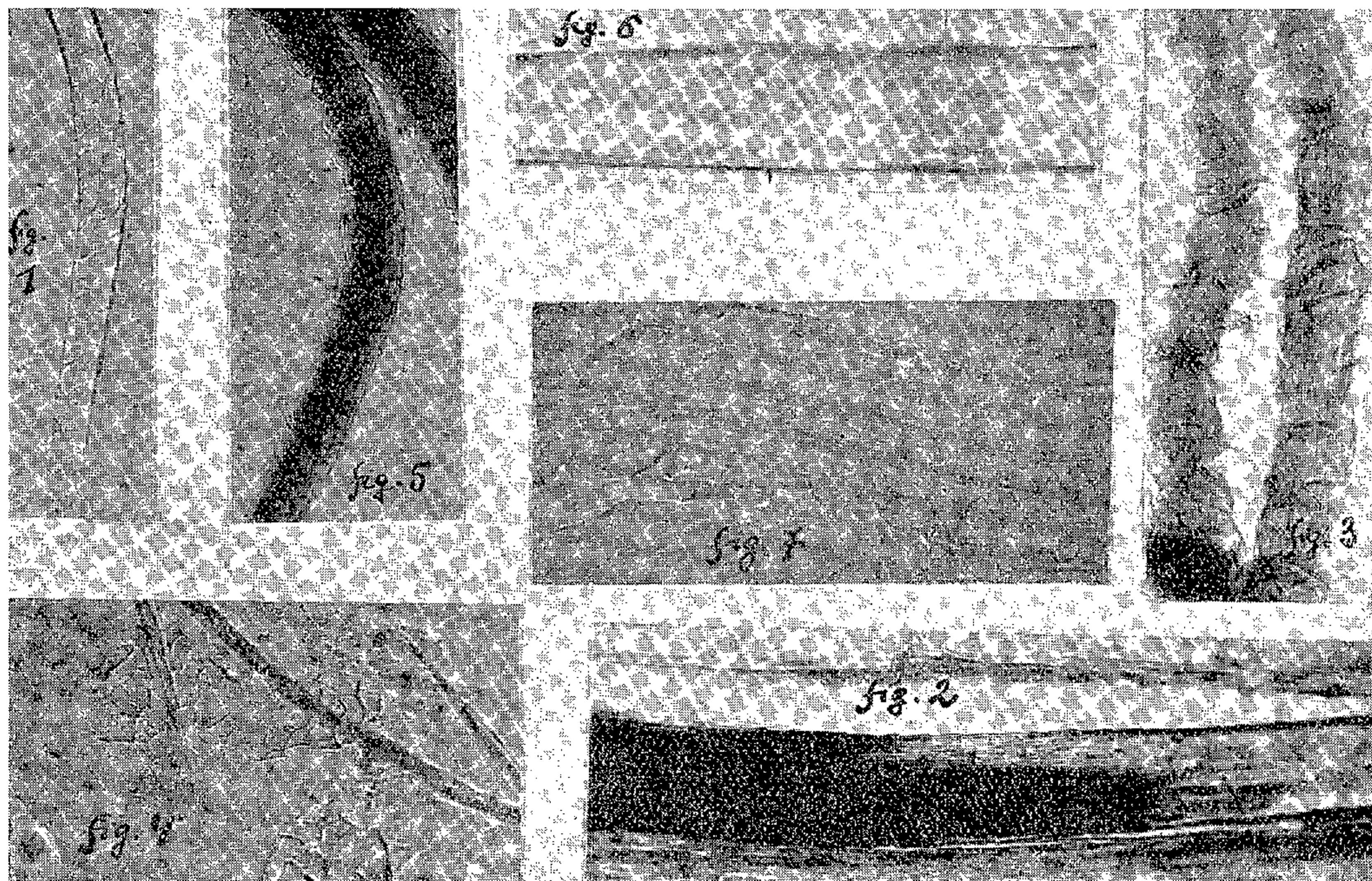
La connaissance de la structure du poil a une grande portée dans l'industrie textile. Examiné au microscope, le poil de laine présente l'image d'un ruban couvert d'écailles. C'est cet aspect écailleux (*fig.* 1) qui s'est accrédité, comme caractère distinctif dans la détermination des fibres textiles.

Si nous examinons une coupe de peau de mouton, nous remarquons, dans les conditions favorables, que la cuticule du poil (*fig.* 2) acquiert, déjà dans le follicule, un aspect dentelé. Cet aspect dentelé de la cuticule, anatomiquement cuticule externe, se réimprime sur la cuticule interne, qui, elle, cesse son allongement au niveau de l'épiderme.

Dans la cuticule du poil, nous pouvons remarquer la présence de cloisons plus ou moins espacées, et même la présence du noyau ou de sa chromatine sous une forme allongée; probablement en dégénérescence. L'aspect dentelé de la cuticule est très probablement provoqué par l'allongement des cellules corticales, qui, en effet, prennent la forme de fuseau, à mesure que le poil

évolue. Dans le poil de laine, on en trouve les formes les plus diverses; certaines de ces cellules sont accolées l'une contre l'autre comme des glumes à parois plus ou moins épaisses d'une structure plus ou moins lisse.

La cuticule du poil joue un rôle protecteur de l'amas des cellules corticales, dont la cohésion est assurée par une substance jouant le rôle de ciment.



Si nous traitons des poils de laine par un alcali ou un acide plus ou moins concentrés, la cuticule se hérisse (*fig.* 3) et prend un aspect pouvant être assimilé à un état écailleux, elle peut même se rompre en lambeaux plus ou moins grands (*fig.* 4) et même en petites particules en forme d'écaille. Mais, si le traitement à l'alcali ou à l'acide est modéré, et si le poil s'y prête, cette cuticule se distend progressivement (*fig.* 5), provoquant un enroulement du poil en forme de spirale. Ce déridement de la cuticule peut être poussé jusqu'à une distension complète sans la moindre déchirure (*fig.* 6), pour donner une gaine unie entourant l'amas de cellules corticales.

En observant avec attention, nous remarquons que cette gaine a conservé la structure de deux membranes (*fig.* 7), mais séparées à des distances variables des cloisons, telles que nous les avons trouvées dans la partie du poil qui se trouve encore dans le follicule pilaire.

Ainsi, la cuticule du poil de laine n'est nullement une formation écailleuse, manquant de continuité, mais une enveloppe continue, constituée par deux membranes cloisonnées, formées de cellules vides, qui, par suite de la pression des cellules corticales d'une part et par la différence de vitesse de croissance

des cellules corticales et de la cuticule d'autre part, se ride d'une façon telle qu'elle confère au poil l'aspect écailleux. Si nous examinons le follicule pilaire en coupe horizontale, nous pouvons remarquer également de telles rides ou plissements dans la cuticule externe, dont le développement s'arrête au niveau de la surface de l'épiderme.

L'étude microchimique du poil de laine, au moyen de réactifs colorés (carmin et hémalun), nous montre que sa racine ou son bulbe se colorent nettement en rouge, respectivement en bleu, ce qui prouve sa constitution de kératohyaline. Cette réaction colorée se limite à la seule partie basale. Le poil, dès que sa cuticule commence à prendre l'aspect dentelé, malgré qu'il se trouve encore dans le follicule, ne se colore plus au carmin, mais intensément par l'acide picrique. Il est probable que la gaine a acquis une imperméabilité à l'encontre du carmin. En effet, si nous détruisons la cuticule du poil et mettons à nu les cellules corticales, la coloration au carmin devient de nouveau possible, mais elle se limite aux interstices entre les cellules corticales, c'est-à-dire au ciment qui assure leur cohésion. Les lambeaux de cuticule et la plupart des cellules corticales restent incolores.

PARASITOLOGIE. — Culicoïdes nubeculosus *Meig* (*Diptère Cératopogonide*), *hôte intermédiaire possible de la Filaire* Onchocerca reticulata *Dies. en Camargue.* Note de M. **Jean-Baptiste Moignoux**, présentée par M. Louis Fage.

L'Onchocercose des tendons des équidés était assez commune chez les chevaux de Camargue au début du siècle dernier. A l'heure actuelle il semble que cette parasitose soit en régression, il est cependant encore possible de trouver quelques foyers d'infection.

Le présent travail, entrepris pour la recherche de l'hôte intermédiaire de cette Filaire, porta d'abord sur les Simulies très fréquentes dans le midi de la France, en particulier dans la région à Onchocerque. On peut, en effet, voir ces Diptères en abondance, soit dans les oreilles des chevaux, soit à la face interne de leurs jambes. Malgré toutes les expériences tentées, il a été impossible d'obtenir la moindre évolution des microfilaires chez ces insectes qui pourtant avaient ingéré, pour la plupart, de nombreuses larves d'*Onchocerca reticulata* lors de la piqûre, comme ont pu le montrer les dissections ultérieures.

Par la suite, notre attention devait être attirée par les Ceratopogonidés, et plus spécialement par ceux du genre *Culicoïdes*. Ici, les recherches furent plus fructueuses, puisqu'elles aboutirent à une évolution complète des microfilaires chez *Culicoïdes nebeculosus*.

Les insectes furent obtenus au laboratoire à partir de larves recueillies dans

la région où sévit la maladie. On les fit gorger à la partie interne de la patte d'un cheval qui avait été au préalable reconnu parasité en raison du nodule qu'il portait au ligament suspenseur du boulet de cette patte qui était l'antérieure droite. Ce signe extérieur de parasitose avait d'ailleurs été confirmé par une biopsie intéressant l'épiderme et le derme de la région saine avoisinant le nodule, ce qui permit de déceler de nombreuses microfilaires.

Chaque jour après l'infestation expérimentale des hôtes intermédiaires supposés, les dissections de *Culicoïdes* portèrent sur un nombre variable, jusqu'à ce qu'il en soit trouvé 3, 4 ou 5 porteurs de larves d'*Onchocerca reticulata*.

Expériences. — Le 1[er] jour après l'infestation, les larves se trouvent dans l'intestin moyen de l'insecte, elles mesurent 180 à 260 μ de long sur 4 à 5 μ de large; le 2[e] jour, elles sont toujours dans l'intestin moyen de l'insecte, mais elles ont de 200 à 280 μ sur 5 à 7. A partir du 3[e] jour, elles commencent à migrer dans les muscles thoraciques : 25 % ont déjà effectué cette migration et, le 4[e] jour, toutes se trouvent dans les muscles thoraciques.

Le 6[e] jour, les microfilaires commencent à diminuer de longueur, alors que leur largeur augmente considérablement, elles prennent la forme dite « en saucisse »; leur largeur augmente jusqu'au 9[e] jour où elles atteignent 150 à 225 μ sur 20 à 25 μ.

A partir du 11[e] jour, les larves semblent prendre une orientation parallèle aux fibres musculaires, ce qui se confirme nettement le 12[e]. Le 13[e] jour, elles ont toutes une orientation parallèle à ces fibres et leur largeur diminue, alors que leur longueur semble augmenter à partir du 14[e]. Le 16[e] jour leur longueur varie de 500 à 575 μ et leur largeur de 15 à 16 μ.

Le 18[e] jour, elles atteignent 530 à 600 μ de long sur 16 à 18 μ de large et elles commencent à migrer vers la partie antérieure des *Culicoïdes*. Elles ont à peu près toutes terminé cette migration le 20[e] jour; et le 21[e], sur cinq *Culicoïdes* disséqués, hébergeant 42 larves, une de celles-ci se trouvait déjà dans le labium. Le 22[e] jour, on pouvait compter de très nombreuses larves dans le labium, la longueur de celles-ci variait de 600 à 670 μ et la largeur de17 à 20 μ.

Conclusion. — Comme on le voit, les larves d'*Onchocerca reticulata* évoluent chez *Culicoïdes nubeculosus* en 21 jours, mais ce n'est qu'à partir du 22[e] que l'on trouve une grande quantité de microfilaires dans le labium des insectes, ce qui autorise à croire que le temps d'évolution normale de ces larves est de 22 jours. Nous pensons que *Culicoïdes nubeculosus* est l'hôte intermédiaire possible de cette filaire; malheureusement, nous n'avons pu nous procurer à temps des animaux neufs, réceptifs, pour « boucler » notre cycle.

BIOLOGIE. — *Données nouvelles sur la sécrétion salivaire des larves de Chironome.* Note de M. **René Defretin**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La présence de polysaccharides et d'acide hyaluronique est démontrée par diverses réactions histochimiques dans la sécrétion des glandes salivaires des larves de Chironome; celle de l'acide mucoïtine sulfurique est peu probable. La production de ces glandes ne paraît donc pas être une soie typique.

Les larves de *Chironomus plumosus* confectionnent un tube en agglu-

tinant diverses particules minérales grâce à leur sécrétion salivaire. Chez les Insectes, ce genre de production est habituellement considéré comme étant une soie. On pouvait se demander s'il n'y avait pas un tannage et un durcissement du complexe protéique suivant un processus déjà démontré par Pryor pour l'oothèque de la Blatte et la cuticule des Insectes.

J'ai dans ce but fourni à de nombreuses larves un sable parfaitement blanc; les tubes formés avec ce substrat ont été observés pendant les jours qui suivent, mais aucun brunissement n'a été décelable, alors que c'est habituellement le cas lorsque interviennent des composés phénoliques. D'autre part, la réaction chromaffine et celle du chlorure ferrique réalisées sur coupes se sont révélées négatives pour les glandes et leur sécrétion. Il ne pouvait donc s'agir ici d'un phénomène dû à l'action d'un dihydroxyphénol, comme celui auquel il est fait allusion.

Une série de recherches histochimiques entreprises sur les coupes des glandes salivaires m'a fourni les résultats suivants.

La fuchsine bisulfitée se recolore dans la lumière des glandes salivaires après oxydation préalable selon Hotchkiss. On obtient la même recoloration après traitement par la phénylhydrazine (réaction de Crétin).

La technique de Gomori (oxydation par l'acide chromique suivie du traitement par le mélange nitrate d'argent-hexaméthylènetétramine) montre une réduction du nitrate d'argent et, comme les deux précédentes, témoigne de la présence de polysaccharides dans la sécrétion glandulaire.

La technique de Hale pour la détection de l'acide hyaluronique conduit à une coloration bleu de prusse au niveau de la sécrétion, mais non du corps cytoplasmique. L'acide hyaluronique se trouve donc associé à la sécrétion glandulaire. Toutefois, un doute pouvait subsister en ce point car le contrôle par action de l'hyaluronidase avant la réaction de Hale ne donne pas de résultats constants. Pour lever cette incertitude, j'ai eu recours à la mise en évidence, par le nitrate d'argent ammoniacal, des composés réducteurs libérés par l'action de l'hyaluronidase sur l'acide hyaluronique des coupes d'après la méthode de Kulonen. La réduction obtenue dans la lumière des glandes salivaires m'a confirmé la présence de l'acide hyaluronique et les résultats fournis par la technique de Hale.

Si l'on a recours au mucicarmin, on constate que seule la sécrétion prend une teinte à peine rosée. D'autre part, le bleu de toluidine étendu n'offre pas un virage métachromatique constant et la métachromasie, lorsqu'elle s'observe, n'est jamais fortement accusée. Or on sait, depuis Lison, que la métachromasie n'apparaît qu'en présence des esters sulfuriques des polysaccharides. La coloration métachromatique serait également fournie, d'après Duran Reynals, par les polysaccharides à réaction acide, mais seulement lorsqu'ils sont en concentration suffisante.

Il résulte de cet ensemble d'examens histochimiques et de contrôles

variés que la sécrétion salivaire des larves de Chironome contient des polysaccharides et de l'acide hyaluronique associés à une protéine. La métachromasie, lorsqu'elle est décelable, est trop faible pour être attribuée à l'acide mucoïtine sulfurique dont les propriétés chromotropes sont très énergiques, même à faible concentration. Il faut plutôt en rendre responsable l'acide hyaluronique dont j'ai démontré la présence. C'est à ce dernier qu'il faut vraisemblablement attribuer la viscosité élevée et le durcissement de la sécrétion salivaire.

Ces divers résultats posent un problème nouveau sur la nature même de la sécrétion. Peut-être ne s'agit-il pas d'une mucine, au sens que lui a donné Levenne, puisque l'acide mucoïtine sulfurique ne paraît pas intervenir dans sa composition. Mais la présence de polysaccharides et d'acide hyaluronique ne permettent pas non plus de la considérer comme une soie typique comparable chimiquement à celle du Bombyx.

J'ajouterai que l'analyse chimique des tubes par les procédés de l'analyse chromatographique m'a permis de déterminer les acides aminés constitutifs de la protéine et de déceler la présence de polysaccharides en quantité faible. L'étude des constituants glucidiques, actuellement en cours par ces mêmes procédés, fournira les éléments susceptibles de compléter les résultats des examens histochimiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos du dosage de la vitamine* A : *spectre ultraviolet et réaction de Carr-Price du kitol alcool et du kitol ester.* Note de MM. **Henry Chatain** et **Marcel Debodard**, présentée par M. Maurice Javillier.

Il existe (1), (2), (3), (4) dans les foies de certains animaux, principalement dans ceux de Baleine, une substance dont la propriété essentielle, découverte par Embree et Schantz (5), est de se transformer en axérophtol par thermolyse dans des conditions déterminées. Il s'agirait d'un di-alcool de poids moléculaire double de celui de l'axérophtol, caractérisé par un maximum d'absorption entre 285 et 295 mμ, une réaction colorée au réactif de Carr-Price, et différents dérivés cristallisés (5). Cette substance, le kitol (3), a été isolée elle-même à l'état cristallisé par Clough et ses collaborateurs (4).

Au cours d'une étude sur les huiles de foie de Baleine, nous avons été amenés à concentrer le kitol par chromatographie. De cette fraction kitol nous

---

(1) Pritchard et coll., *Biochem. J.*, **31**, 1937, p. 258.
(2) Willstaedt et Jensen, *Nature*, **143**, 1939, p. 474.
(3) Embree et Shantz, *J. Am. Chem. Soc.*, **65**, 1943, p. 910-913.
(4) Clough, Kasher, Robeson et Baxter, *Science*, **105**, 1946, p. 436.
(5) *Br. Am.*, n° **2.434.687**, (Janvier 1948).

avons extrait un produit cristallisable probablement analogue à celui décrit par les auteurs américains sous le nom de kitol cristallisé ([4]). A partir de ces cristaux, nous avons préparé un diacétate également cristallisé, ce qui nous a permis de faire d'intéressantes comparaisons entre le kitol libre et le kitol estérifié, notamment en ce qui concerne leur comportement vis-à-vis du réactif de Carr-Price : alors que l'alcool donne une réaction rose faible, assez stable, l'ester donne une réaction violette, intense, qui s'affaiblit très rapidement dans le bleu et augmente dans le rose. Les mesures effectuées montrent que la réaction du kitol alcool (maximum d'absorption vers 430 mμ) est presque négligeable par rapport à celle de l'axérophtol (maximum d'absorption vers 620 mμ), tandis que le kitol ester (maximum d'absorption vers 590-600 mμ) pourra être la cause d'erreurs importantes dans le dosage de l'axérophtol par la réaction de Carr-Price.

Nous communiquons ici les constantes spectrographiques du kitol et de son diacétate cristallisés, les spectres d'absorption de leur réaction de Carr-Price et la valeur de cette absorption de 600/620 mμ, longueur d'onde utilisée pour le dosage de la vitamine A par la même réaction.

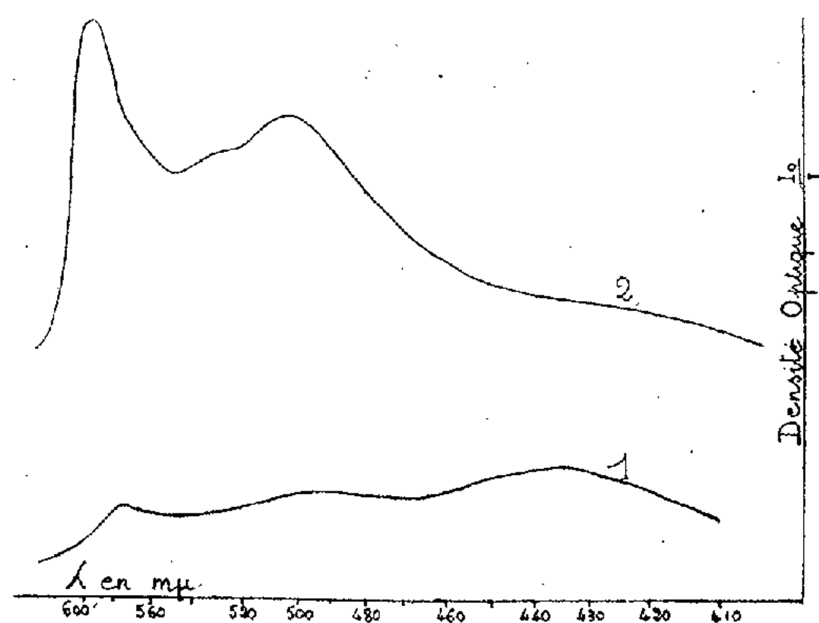
λ en mμ	Kitol Alcool		Di-acétate du Kitol	
	$\frac{E\lambda}{E\ max}$	$\frac{E\lambda}{E\ 325\ m\mu}$	$\frac{E\lambda}{E\ max}$	$\frac{E\lambda}{E\ 328\ m\mu}$
250	69	187	70	208
55	74	202	76	228
60	79,7	217	81,5	245
65	84,5	230	86,5	260
70	90	247	91,5	275
75	93,8	253	95,5	286
80	97	264	98	294
85	98,5	269	99,1	297,5
90	99,4	271	99,8	2999
93	100	273	100	300
94	100	273	100	300
95	99,7	272	99,4	298
300	95,5	260	96,5	290
05	85,3	233,2	87,5	263
10	73,5	200	76,5	230
15	62,5	170	65,5	196,5
20	50	136	53,7	160,5
25	37	100	40,4	121
28	30,5	83	33,4	100
30	27,2	74	29,4	88
35	19,5	53	20	60
40	11	30	12	36
50	3	8,5	3	9

1° *Constantes spectrographiques dans l'ultraviolet.* — Les mesures effectuées dans l'isopropanol avec un spectrophotomètre de Beckman sont résumées dans le tableau, qui donne, d'une part, les valeurs $E\lambda/E_{max}$ pour le kitol alcool et le kitol ester, d'autre part les valeurs $E\lambda/E$ 325 ou 328 mμ pour faciliter la comparaison avec le spectre de l'axérophtol ([6]).

$E^{1\%}_{1\,cm}$ 293 mμ du kitol = 698;
$E^{1\%}_{1\,cm}$ 293 mμ du diacétate de kitol = 565.

([6]) Chatain et Debodard, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1102.

2° *Réaction de Carr et Price.* — Les spectres ont été obtenus avec un spectrographe de Huet pour le visible 6 à 7 s après l'addition du trichlorure d'antimoine (temps de pose une seconde). Ils montrent la différence entre la réaction de l'ester (courbe 2) et celle de l'alcool (courbe 1). Pour apprécier le rôle



perturbateur du kitol libre ou estérifié dans le dosage de l'axérophtol, nous avons fait quelques mesures avec les colorimètres à cellule d'usage général dans les laboratoires. Si une quantité déterminée d'axérophtol donne une réaction dont la densité optique est 1,00 à 610-620 mμ, la même quantité de kitol ester donne une intensité qui varie de 0,10 à 0,20 selon la sélectivité des écrans employés et le kitol alcool une intensité de 0,01 à 0,015 seulement.

Le kitol utilisé pour les mesures (point de fusion 98-100° au bloc de Kofler) a été préparé par cristallisation de l'insaponifiable du di-phénylazobenzoate (point de fusion 150° C; E % maximum à 310-312 mμ = 785), puis recristallisé deux fois dans le méthanol. Le di-phénylazobenzoate a été lui-même obtenu à partir d'un insaponifiable d'huile de baleine convenablement purifié. Le di-acétate de kitol a été préparé à partir du kitol cristallisé (acétylation au chlorure d'acétyle-pyridine, à reflux dans le dichloréthane), cristallisé dans le formiate de méthyle, recristallisé deux fois (F : 149-150° C).

MICROBIOLOGIE. — *Ovoculture du virus de la maladie de Carré.* Note (*) de MM. **Félix Lucam** et **Pierre Goret**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Après les demi-succès où les tentatives infructueuses de plusieurs expérimentateurs, D. A. Haig, en 1948 ([1]) faisait connaître qu'il avait réussi à cultiver sur œuf embryonné, le virus de la maladie de Carré du Chien.

(*) Séance du 25 juin 1951.

([1]) *Onderste poort. J. Vet. Sc.*, 23, 1948, p. 149.

L'année suivante, V. Cabasso et H. R. Cox (²) publiaient des résultats analogues. Ces deux auteurs précisaient, en outre, que le virus de culture perdait, au cours des passages, son pouvoir pathogène mais conservait ses propriétés immunisantes pour le Furet.

Les essais que nous avons poursuivis confirment ces données.

La souche de virus utilisée par nous, fixée sur Furet (souche Green) est passée régulièrement sur cet animal qu'elle tue en des délais de 8 à 10 jours. Le virus se révèle pathogène pour le Furet à la dose de 0,0001 mg de tissu splénique virulent. Un Furet est sacrifié à la période agonique de la maladie, sa rate prélevée immédiatement, est finement pulpée. La suspension à 30 % en eau physiologique est centrifugée; le liquide surnageant est inoculé à la dose de 0,2 cm^3 dans le sac allantoïdien d'œufs embryonnés âgés de 6 jours (³).

96 h après l'inoculation, tous les embryons sont encore vivants. Ceux-ci sont recueillis avec le liquide amniotique et allantoïdien et broyés en eau physiologique. La suspension est centrifugée. Le liquide surnageant, est inoculé de la même manière à une autre série d'œufs embryonnés âgés de 6 jours. Dès ce deuxième passage, tous les embryons meurent en 60 à 96 h. Les passages ultérieurs sont conduits comme suit. Les embryons morts, les enveloppes et les liquides embryonnaires sont recueillis. Le tout est broyé et mis en suspension à 1 pour 50 en eau physiologique. La suspension est centrifugée et le liquide surnageant filtré sur bougie Chamberland L 3. Le filtrat est inoculé dans l'allantoïde d'embryons âgés de 6 à 7 jours, à la dose de 0,2 cm^3. Parallèlement, le liquide surnageant non filtré est inoculé à une autre série d'œufs embryonnés. A chaque passage la même opération est répétée en partant toujours des embryons morts à la suite de l'inoculation du filtrat.

A ce jour, 20 passages ont été réalisés.

A partir du 3ᵉ passage et jusqu'au 20ᵉ, tous les embryons meurent, sans exception, après inoculation de filtrat, dans des délais de 24 à 36 h, en présentant de violentes lésions hémorragiques (⁴). La dose minima mortelle de virus de culture, pour l'embryon, déterminée entre les 7ᵉ et 11ᵉ passages est représentée par 0,2 cm^3 d'une dilution de virus, non filtré, à 10^{-9}.

Le virus avianisé voit très rapidement diminuer sa virulence pour le Furet. Cette diminution est déjà très marquée dès les 3ᵉ et 4ᵉ passages. Néanmoins elle ne disparaît pas complètement, puisqu'au 17ᵉ passage, 50 % environ des Furets inoculés succombent encore, présentant les

(²) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 71, 1949, p. 246.
(³) L'expérience échoue avec des embryons plus âgés.
(⁴) Lésions presque identiques à celles provoquées par le virus de la peste aviaire.

symptômes et les lésions de la maladie à virus fixe. Un certain nombre des sujets qui résistent se révèlent immunisés vis-à-vis d'une inoculation d'épreuve particulièrement sévère. En revanche, aucun des sujets soumis à l'inoculation du virus de culture de la maladie de Carré, ne résiste à l'épreuve de l'inoculation par le virus de l'hépatite contagieuse adapté au Furet.

Il y a tout lieu de penser qu'une dose de virus de culture judicieusement choisie sera capable, chez le Furet, de se comporter comme un vaccin inoffensif et spécifique vis-à-vis de la maladie de Carré.

Ces résultats sont donc en parfaite concordance avec ceux enregistrés par les auteurs précités.

Conclusion. — Le virus de la maladie de Carré est cultivable sur œuf embryonné. Au cours des passages, sa virulence pour le Furet diminue graduellement mais il conserve ses propriétés immunisantes pour cet animal.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur une infection tuberculeuse abortive déterminée chez le Cobaye par l'inoculation de quelques unités de bacilles de Koch jeunes ou de certains produits pathologiques humains.* Note de MM. **Léopold Nègre** et **Jean Bretey**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'infection tuberculeuse du type Calmette-Valtis n'est pas due à un ultravirus tuberculeux, mais à des formes bacillaires peu évoluées, existant soit dans les cultures, soit dans certains produits pathologiques.

A. Calmette et J. Valtis [1] ont décrit, chez des cobayes inoculés par des filtrats de cultures de bacilles de Koch au travers de bougies Chamberland L 2, une infection tuberculeuse bénigne caractérisée par une sensibilité à la tuberculine et une hypertrophie de certains groupes ganglionnaires, toutes les deux transitoires, sans lésions des organes. Comme il leur était impossible de mettre en évidence des bacilles acido-résistants dans ces filtrats, ces auteurs ont attribué l'action de ces derniers à des éléments invisibles de ces germes, peut-être un ultravirus tuberculeux. L'inoculation au Cobaye de lésions humaines atypiques de la tuberculose, filtrées et non filtrées, ayant déterminé chez cet animal la même infection tuberculeuse bénigne, Calmette et Valtis ont cru pouvoir établir une relation de cause à effet entre les éléments filtrables et les caractères spéciaux de ces lésions. De nombreux expérimentateurs n'ont pas pu reproduire ces expériences et ne se sont pas ralliés à cette dernière hypothèse.

Le fait, observé par J. Valtis et F. Van Deinse, que les filtrats de cultures

---

[1] *Ann. de Médecine*, 1926, p. 553.

jeunes de bacilles tuberculeux sont ceux qui ont le plus de chances d'allergiser les cobayes, nous a incités à faire une série de recherches qui nous semblent jeter un jour nouveau sur ce problème.

L'un de nous a montré, avec A. Boquet et J. Valtis (2), que les bacilles tuberculeux âgés de 3 ou 4 jours sont moins allergisants, moins toxiques et moins virulents pour le Cobaye que les bacilles plus évolués. Ces caractères spéciaux, ainsi que la cyanophilie fréquente de tels germes, seraient, d'après un travail d'Asselineau en voie de publication, dus à leur teneur en lipides bien inférieure à celle des bacilles âgés.

Nous avons donc filtré, sur bougies L 3 et sous différentes pressions, des cultures de bacilles humains et bovins en comparant les germes âgés de 3 ou 4 jours à ceux âgés d'un mois. Nous avons constaté que les bacilles de Koch, jeunes et vieux, ne traversent pas ces bougies (sauf dans des cas exceptionnels) sous les pressions inférieures à 30 cm de Hg utilisées par Calmette et Valtis. On peut donc éliminer l'hypothèse d'un ultravirus tuberculeux. Il faut employer des pressions supérieures à 50-60 cm de Hg pour obtenir le passage fréquent des bacilles âgés de moins de 6 jours. Plus les bacilles sont âgés, plus ils ont de la difficulté à traverser le filtre.

L'inoculation au Cobaye, soit de filtrats sur des bougies L 3 de cultures jeunes de bacilles tuberculeux, obtenus sous une pression supérieure à 50-60 cm de Hg, soit d'un seul bacille jeune isolé au micromanipulateur [J. Bretey (3)] ou de quelques unités de ces germes (L. Nègre), provoque les mêmes résultats : on obtient tantôt des lésions nodulaires, tantôt une infection tuberculeuse abortive caractérisée par une allergie transitoire et par une hypertrophie ganglionnaire, notamment trachéo-bronchique. Ces ganglions ne sont jamais caséeux. Il n'y a pas de lésions des organes. La filtration n'a donc plus aucun intérêt dans l'étude de cette question puisqu'on peut obtenir les mêmes résultats par inoculation de filtrats de cultures jeunes ou de quelques bacilles de nouvelle formation.

Il nous restait à voir si l'on peut observer des formes abortives de l'infection tuberculeuse chez des cobayes inoculés avec des produits pathologiques humains. 403 produits provenant de sujets suspects de tuberculose ou porteurs de lésions récentes, inoculés à des cobayes pour la recherche du bacille de Koch ont, dans 135 cas, tuberculisé ces animaux. Sur les 268 cas négatifs, 24 nous ont permis d'observer chez un ou deux des trois cobayes inoculés, une allergie tuberculinique évidente, apparaissant au cours du deuxième mois après l'inoculation et durant de 30 à 60 jours. Cette allergie a toujours été accompagnée d'une hypertrophie de certains ganglions, le plus souvent des trachéo-bronchiques et parfois d'un aspect

(2) *Ann. Institut Pasteur*, **44**, 1930, p. 247.
(3) *Ann. Institut Pasteur*, **70**, 1944, p. 357.

granuleux de la rate, sans lésions folliculaires. L'ensemencement de ces organes sur des milieux à l'œuf et leur réinoculation à des cobayes neufs ont donné des résultats négatifs pour le bacille tuberculeux, mais parfois certains des cobayes réinoculés ont été sensibilisés à la tuberculine.

Cette forme abortive de l'infection tuberculeuse a été provoquée chez le Cobaye dans la moitié des cas par inoculation de sang de sujets atteints d'érythème noueux ou de tuberculose pulmonaire; dans l'autre moitié des cas par inoculation d'urines, de liquides d'épanchement des séreuses, de foyers d'ostéite et de lésions cutanées et une fois par des ganglions mésentériques provenant d'un enfant nouveau-né issu d'une mère tuberculeuse. C'est avec des produits semblables que Calmette, Valtis et Lacomme et d'autres auteurs ont obtenu, par inoculation au Cobaye, des résultats identiques aux nôtres.

Nous pensons donc avoir démontré que l'infection légère du Cobaye du type Calmette-Valtis n'est pas due à l'inoculation à cet animal d'un ultravirus tuberculeux, mais de formes bacillaires peu évoluées, peu virulentes et sans doute pauvres en substances cireuses et lipidiques.

Comme dans nos 24 cas observés sur un total de 268 produits inoculés chaque fois à trois cobayes, aucun de ceux-ci n'a présenté une tuberculose évolutive, nous ne pouvons interpréter ces faits comme dus à une résistance individuelle marquée de certains animaux qui leur aurait permis de surmonter l'infection. Par contre, il semble que l'on puisse ainsi, dans certains produits pathologiques, déceler par l'infection abortive qu'ils provoquent la présence de formes peu évoluées du bacille de Koch. Leur prédominance dans le sang, les sérosités et les urines pose la question du rôle que ces éléments peuvent jouer dans la dissémination de l'infection tuberculeuse.

IMMUNOLOGIE. — *L'adaptation spécifique des protéides plasmatiques à des éléments minéraux quelconques.* Note de M. **Jean Loiseleur** et Mlle **Muguette Sauvage**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Une préparation prolongée du Lapin par des injections quotidiennes de $NiCl_2$ ou $CoCl_2$ entraîne l'adaptation spécifique du sérum à $NiCl_2$ ou $CoCl_2$.

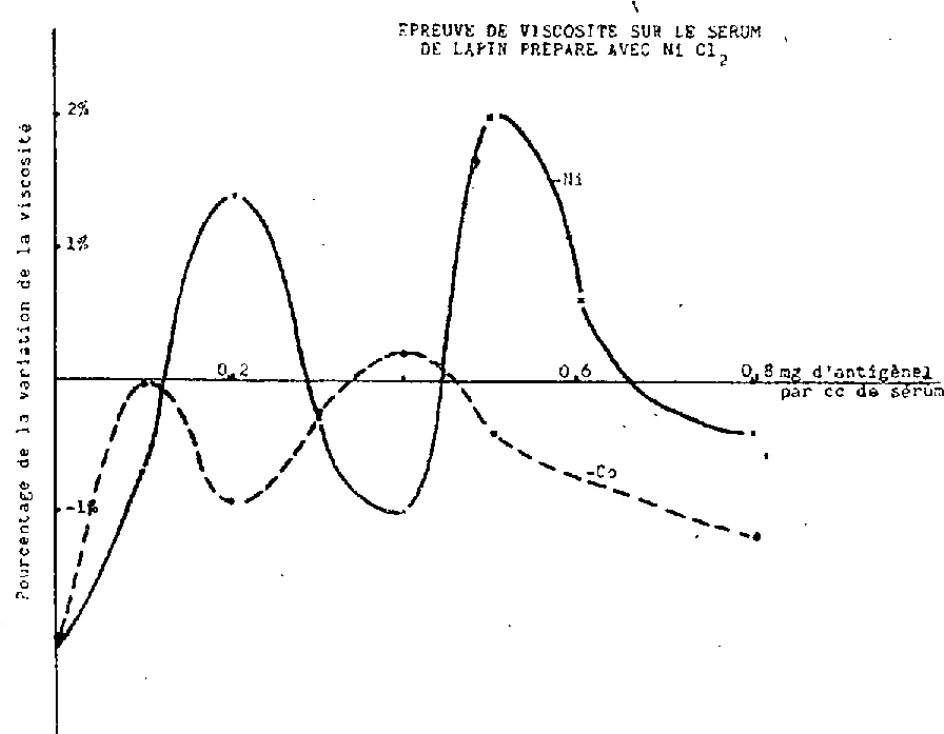
Un travail antérieur a établi que, dans certaines conditions de préparation de l'animal, toutes les molécules organiques sont antigéniques et que les protéides plasmatiques, principalement les γ-globulines, peuvent acquérir une adaptation spécifique à l'antigène, cette adaptation spécifique présentant toutes les caractéristiques d'une fonction-anticorps [1].

(1) *Ann. Inst. Pasteur*, **78**, 1950, p. 1 et 151.

En réalité, le phénomène est beaucoup plus général et peut être étendu à de simples éléments minéraux. Pour le démontrer, l'expérience a porté principalement sur les chlorures de nickel et de cobalt. Signalons tout de suite que le choix des sels susceptibles d'être expérimentés est limité par la nécessité d'exclure ceux qui entraînent la floculation des protéides plasmatiques et qui s'opposent, de ce fait, à l'emploi de la technique de viscosité.

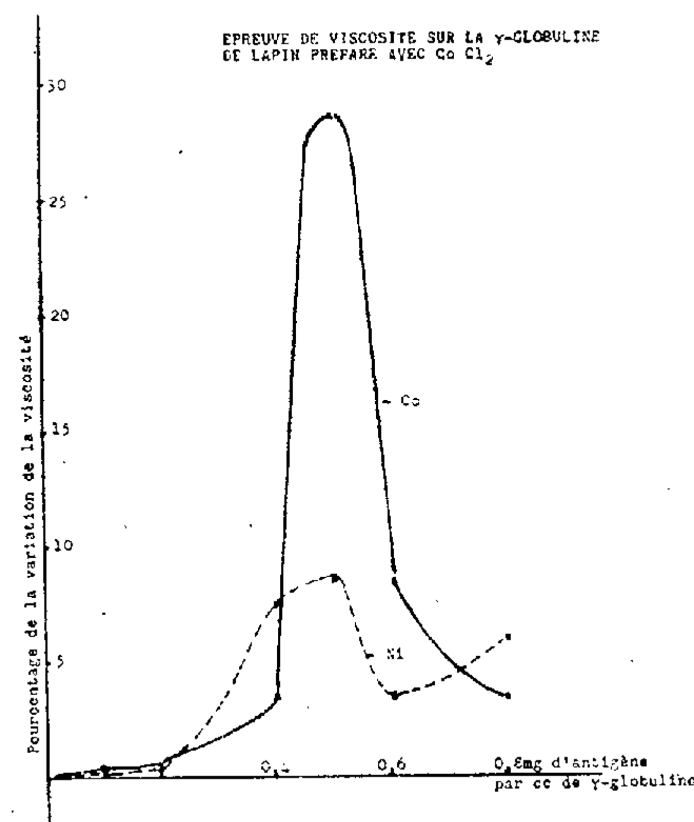
19 lapins subissent tous les jours, deux injections d'une solution de chlorure soit de nickel soit de cobalt. Le volume de la solution injectée augmente au cours de la préparation (2 cm³ au début, 5 cm³ dans les derniers jours). La durée de la préparation a varié, selon l'expérience, de 75 à 24 jours. La concentration de la solution augmente progressivement au cours de la préparation (0,5 % au début, 1 % dans les derniers jours). Malgré ces précautions, le traitement entraîne un amaigrissement notable avec une mortalité de 26 %.

Éprouvé avant la préparation, le sérum des animaux reste négatif à l'épreuve de viscosité. L'expérience est répétée avec la γ-globuline et donne également un résultat nul.



Courbe 1.

Épreuve de viscosité sur le sérum d'un lapin préparé avec $NiCl_2$.



Courbe 2.

Épreuve de viscosité sur la γ-globuline d'un lapin préparé avec $CoCl_2$.

Au contraire, le sérum, prélevé après la préparation de l'animal (6 à 11 jours après la fin de la période des injections), donne un résultat positif. On constate que : 1° le sérum de l'animal préparé avec $NiCl_2$, donne à l'épreuve de viscosité une réponse positive avec $NiCl_2$ (courbe 1, trait plein); 2° l'épreuve répétée avec $CoCl_2$ ne donne qu'une réponse faible (courbe 1,

trait pontillé); 3° la γ-globuline correspondante donne, dans les mêmes conditions, une réaction beaucoup plus marquée que le sérum, cette augmentation trouvant son origine dans l'élimination de la masse des protéides inertes; 4° cette même γ-globuline ne présente avec $CoCl_2$ qu'une réaction beaucoup plus faible; 5° réciproquement, le sérum et la γ-globuline d'un animal préparé avec $CoCl_2$ réagissent spécifiquement avec $CoCl_2$ et non avec $NiCl_2$ (courbe 2). Dans toutes ces expériences, nous n'avons rencontré qu'un animal, préparé par le chlorure de cobalt, où cette spécificité fut en défaut.

Au résultat de l'épreuve de viscosité, se superpose pour la γ-globuline l'observation fréquente de floculation. Sur 8 γ-globulines provenant de lapins préparés avec $NiCl_2$, 3 ont présenté des floculations avec $NiCl_2$, mais non avec $CoCl_2$.

La spécificité apparaît d'autant plus remarquable que l'épreuve intéresse des éléments minéraux petits et de configurations voisines.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Traitement de la lèpre murine par le* G. 469. Note de MM. **Constantin Levaditi**, **André Girard**, **Aron Vaisman**, **André Ray** et Mme **Henriette Chaigneau-Erhard**, présentée par M. Gaston Ramon.

Nous avons démontré dans des travaux antérieurs [1] l'activité thérapeutique de la β-pyridine-aldéhyde-thiosemicarbazone (G. 469) dans la tuberculose expérimentale de la Souris. Quels sont les effets curatifs de ce dérivé, faiblement soluble, dans la lèpre provoquée chez le Rat blanc par le bacille acido-résistant de Stefansky ? Nos recherches font l'objet de la présente Note.

Technique. — Des rats sont contaminés par injection, dans la musculature de la cuisse droite, de 0,5 cm³ d'une suspension de lépromes du Rat 1835, contenant de très nombreux bacilles acido-résistants. *Premier lot* : 5 sujets non traités; *second lot* : 10 animaux traités. Ces derniers ont reçu à de nombreuses reprises et par voie sous-cutanée, d'abord 25 mg, ensuite 50 mg par jour de G. 469 en suspension dans l'eau physiologique (par kg). Les rats ont été sacrifiés le 171e jour, après avoir reçu des *doses totales* oscillant entre 572 et 771 mg suivant les variations de leur poids.

Résultats. — I. Rats témoins. — *Mortalité :* nulle. 1° *Lésions microscopiques.* — Chancre : $\infty = 5/5$ [2]. Ganglions satellites : $++++ = 5/5$. Foie : $0 = 2/5$; de $+$ à $+++ = 3/5$. Rein, poumon, rate : $0 = 5/5$. 2° *Bacillose.* —

---

(1) C. Levaditi, A. Girard, A. Vaisman, A. Ray et Mme H. Chaigneau-Erhard, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1174; *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 60; *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 770.

(2) Le chiffre placé à droite du trait indique le nombre total de sujets examinés, celui situé à gauche du même trait le nombre de rats présentant le degré d'altérations indiqué.

Chancre : ∞ = 5/5. Ganglions : ∞ = 5/5. Foie : + = 1/5; ++++ = 2/5 (total = 3/5). Rate, rein : 0 = 5/5. *Diamètres moyens sur coupes.* — Chancre : 6,15 mm. Ganglions satellites : 5,7 mm.

En résumé, lésions et bacillose intenses du chancre et des ganglions lymphatiques satellites, métastases hépatiques, diamètres moyens des altérations très accusés (sur coupes).

II. Rats traités. — *Mortalité :* 10 % (le 147e jour). 1° *Lésions microscopiques.* — Chancre : de 0 à + = 3/10; de ++ à ++++ = 2/10. Ganglions satellites : de 0 à + = 7/10; de +++ à ++++ = 3/10. Foie, poumon, rate, rein : 0 = 10/10. 2° *Bacillose.* — Chancre : 0 = 3/10; de ++ à ∞ = 7/10. Ganglions satellites : de 0 à + = 9/10; ++++ = 1/10. Poumon, foie, rate, rein : 0 = 10/10. *Diamètres maxima moyens sur coupes.* — Chancre : 2,01 mm, ganglions : 2,35 mm.

En bref, modifications histologiques plus discrètes du chancre, très légères ou même nulles des ganglions annexes (parfois absence totale de tels ganglions décelables microscopiquement), aucune métastase, diamètres nettement inférieurs des altérations (sur coupes).

L'ensemble de ces données se trouve condensé dans le tableau ci-dessous.

(*Chancre d'inoculation, ganglions satellites, foie.*)

Rats.	Sacrifiés le	Dose totale (mg).	Lésions microscopiques. Chancre		Lésions microscopiques. Ganglions		Lésions microscopiques. Foie	Diam. (mm). Ch.	Diam. (mm). G.	Taux bacillaire. Chancre	Taux bacillaire. Ganglions		Taux bacillaire. Foie	
			∞.		++++.		+ à +++.	Ch.	G.	∞.	∞.		+.	++++.
Témoins..	171e j.	–	5/5		5/5		3/5	6,15	5,7	5/5	5/5		1/5	2/5
													3/5	
			0 à +.	++ à ++++.	0 à +.	+++ à ++++.	0.			++ à ∞.	0 à +.	++++.		
Traités...	171e j.	512 à 771	8/10	2/10	7/10	3/10	10/10	2,01	2,35	7/10	9/10	1/10	0/10	

Les résultats exposés dans ce tableau autorisent les conclusions suivantes :

1° Le traitement de la lèpre murine par le dérivé G 469 peu soluble, administré par voie sous-cutanée à la dose totale de 512 à 771 mg (par animal), est suivi chez le Rat d'effets curatifs incontestables. Ces effets se traduisent par l'aspect macroscopique du chancre d'inoculation intramusculaire et surtout des ganglions lymphatiques satellites. En effet, ce chancre est moins développé que chez les sujets témoins et les ganglions, parfois introuvables, très réduits de volume;

2° Ces constatations macroscopiques sont confirmées par les examens microscopiques du chancre d'inoculation, des ganglions lymphatiques et du foie. Le diamètre maximum moyen du chancre, évalué sur coupes histolo-

giques, qui chez les Rats témoins est de 6,15 mm, se trouve réduit à 2,01 mm chez les animaux traités; il en est de même de celui des ganglions (2,35 au lieu de 5,7 mm);

3° A ces données s'ajoutent celles relatives à l'intensité des lésions microscopiques. Celles-ci, d'∞ chez 5/5 témoins, tombent à zéro et plus chez 8/10 et 7/10 Rats traités, respectivement, pour le chancre et les ganglions. Il s'agit de microlépromes à éléments gigantocellulaires, entourés de zones réactionnelles. Par ailleurs, absence de tels lépromes sur coupes du foie chez les traités, tandis que les témoins en présentent fréquemment un grand nombre;

4° Enfin, des écarts tout aussi importants du taux bacillaire des ganglions lymphatiques mettent en relief l'effet curatif de la médication.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES. — *Pareille en cela à la tuberculose expérimentale de la Souris, la lèpre murine est susceptible d'un traitement efficace par le* G 469.

A 16 h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 50 mn.

R. C.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 4 juin 1951.)

Note présentée le même jour, de M. *Gabriel-Jacques Sayag*, Mesure du rapport des activités de U^{235} et U^{234} dans l'uranium naturel à l'aide d'une chambre d'ionisation à grille :

Page 2093, 1re ligne, *au lieu de* (4,6 ± 0,1 %), *lire* (4,6 ± 0,1) %.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 JUILLET 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Henri Fehr**, Professeur honoraire à l'Université de Genève, qui assiste à la séance.

MÉCANIQUE. — *Sur la synchronisation d'un oscillateur par une force sinusoïdale indépendante de la vitesse.* Note (*) de M. **Jules Haag**.

Il n'y a pas de mouvement périodique stable, même dans le cas exceptionnel où la force synchronisante a une fréquence qui est exactement un multiple entier de la fréquence propre de l'oscillateur.

1. Dans ma Note du 6 février 1951, j'ai laissé de côté le cas où l'on a $\varepsilon = 0$, c'est-à-dire le cas où la fréquence de la force est un multiple entier de la fréquence propre. Un tel cas est en effet physiquement irréalisable d'une manière rigoureusement exacte. Un exemple de ce genre a néanmoins été envisagé tout récemment [1] par M. Minorsky, qui conclut à l'existence possible d'un mouvement périodique stable. Cette conclusion est erronée.

En effet, les points singuliers fournis par $\rho_0 = A/C$ sont des *centres* et non des nœuds ou foyers stables, car les racines de l'équation caractéristique sont $\pm iA/\sqrt{8}$. On le vérifie d'ailleurs d'une manière élémentaire en intégrant l'équation différentielle déduite du système (E). L'intégrale générale est, en supposant $\cos 2\varphi > 0$, pour fixer les idées,

$$\cos 2\varphi = \frac{K}{\rho(2\rho_0 - \rho)} \qquad (K > 0).$$

Si $K < \rho_0^2$, ρ varie entre les deux limites $\rho_0 \pm \sqrt{\rho_0^2 - K}$; φ varie entre φ_1

(*) Séance du 2 juillet 1951.

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2179.

et $-\varphi_1$, avec $\cos 2\varphi_1 = K/\rho_0^2$. La courbe est fermée et entoure le point singulier.

2. Ces conclusions subsistent dans le cas général envisagé ci-dessus. Je reprends les notations de ma Note précitée. Les fonctions associées sont $X = A\cos z$, $Y = B\sin z$, avec $z = Nx$. Les points de synchronisation sont donnés par $A = 0$, $\sin z = 0$ ou par $B = 0$, $\cos z = 0$.

Dans le deuxième cas, les racines de l'équation de stabilité ont pour produit $-AB' = -NA^2$, en utilisant l'identité $B' + B/y = NA$. On a donc un *col.*

Dans le premier cas, les racines de l'équation de stabilité sont $\pm\sqrt{BA'}$. On a un *col* ou un *centre*, suivant que BA' est > 0 ou < 0.

3. Les trajectoires associées ont pour équation générale

$$\log(\cos z) = -\int \frac{NA}{B}\,dy = -\int\left(\frac{B'}{B} + \frac{1}{y}\right)dy = -\log(By) + \log C,$$

soit

$$C = By\cos z.$$

Si l'on considère y, z, C comme des coordonnées cartésiennes rectangulaires dont l'axe des C serait vertical, cette équation représente une surface S, dont les lignes de niveau fournissent nos trajectoires associées.

Par $P(y_0, \pi/2, 0)$ passent, sur S, les deux droites $y = y_0$ et $z = \pi/2$; P est un *col.* Le plan $z = 0$ étant un plan de symétrie pour S, les courbures principales relatives au point $Q(y_0, 0, C_0)$ sont

$$\rho_1 = -B_0 y_0 \quad \text{et} \quad \rho_2 = (By)''_0 = (NAy)'_0 = NA'_0 y_0,$$

puisque $A_0 = 0$. La courbure totale $\rho_1\rho_2$ a le signe de $-A'_0 B_0$. Si elle est négative, Q est un *col.* Si elle est positive, Q est un *sommet*; les sections horizontales voisines de Q sont des courbes fermées entourant ce point.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Contribution à l'étude de la structure de l'ion persulfurique* (*magnétochimie et absorption infrarouge*). Note de MM. **Paul Pascal, Clément Duval, Jean Lecomte** et **Adolphe Pacault.**

La structure de l'ion persulfurique $(SO_4^-)_n$ a fait l'objet de controverses relatives à la valeur de n. Des études chimiques ou physico-chimiques ont conduit les différents auteurs à choisir :

$n = 1$ (Vezes, M. Berthelot, H. Marschall, R. Duval dans le cas particulier d'un complexe, J. Walker, E. Weitz).

$n = 2$ (Cornec et Muller, W. Ostwald, Lowercherz, G. Bredig, G. Moller).

Cette incertitude tient, pour une grande part, à l'instabilité des persulfates en solution aqueuse. Par conséquent, le nombre de persulfates accessibles à l'état de pureté étant restreint, l'étude suivante a été limitée aux persulfates de

potassium et d'ammonium solides en utilisant les méthodes magnétiques (I) et d'absorption infrarouge (II). Ces composés ont été titrés iodométriquement plusieurs fois au cours de ces expériences.

Deux techniques conduisent pour l'ion persulfurique à la structure $(SO_4^-)_n$ avec n pair.

I. On sait que la présence de n_e électrons célibataires dans un édifice atomique entraîne nécessairement un paramagnétisme de spin, le moment magnétique en magnétons de Bohr étant $\mu B = \sqrt{n_e(n_e+2)}$. Le paramagnétisme est donc lié au nombre impair d'électrons, la parité de ce nombre entraînant, le plus généralement, le diamagnétisme, sauf dans les biradicaux.

Les susceptibilités magnétiques des persulfates ont été mesurées par la méthode habituelle (Pacault, 1946).

	Susceptibilité moléculaire [1].	Z eff.
$(SO_4K)_n$	$(52,2)_n$	$(67)_n$
$(SO_4NH_4)_n$	$(51,9)_n$	$59\,n$

Ces composés étant diamagnétiques et ayant une formule simple à nombre impair d'électrons (Z eff), il faut que n soit pair.

A partir de ces résultats expérimentaux et par application de la systématique magnétochimique, on peut calculer la susceptibilité $K_{(SO_4^-)_n} = 33,8n$.

On remarquera que cette susceptibilité apparaît très voisine de celle de l'ion sulfate $K_{SO_4^{--}} = 33,6$. Il est donc à présumer que les structures électroniques de ces deux ions sont assez voisines.

Nous avons étudié, à l'état de poudre et par la méthode habituelle, entre 7 et 16 μ environ, ces mêmes échantillons de persulfates de potassium et d'ammonium et les sulfates correspondants. Les bandes se présentent généralement comme larges et elles ne peuvent être pointées qu'avec une précision relativement faible ($\pm 5\,cm^{-1}$ par exemple). Les résultats sont les suivants en cm^{-1} :

Sulfate de potassium...........	–	–	–	984 m	1104 FF	–	–	–
Sulfate d'ammonium	–	–	–	976 f	1080 FF	–	1404 FF	–
Persulfate de K...	680 m	860 ff?	900 aF	–	1059 FF	1254 FF	–	–
Persulfate d'ammonium...........	–	–	796 aF	976 m	1052 FF	1190 FF	1408 FF	1130 ff

(La dernière colonne se rapporte à une bande caractéristique, bien connue

(1) Donnée au facteur -10^{-6} près.

de NH_4.) A notre connaissance, seul le sulfate de potassium avait été étudié antérieurement également à l'état de poudre par A. M. Taylor [2].

Les deux sulfates possèdent ainsi une bande très forte et une faible ou moyenne, alors que les persulfates donnent lieu à des régions plus nombreuses d'absorption, en particulier à deux bandes très fortes et à une bande assez forte.

La différence de ces spectres montre que les persulfates étudiés ne contenaient pas de sulfates.

On sait que l'augmentation du nombre de bandes infrarouge peut être liée soit à une augmentation de la dissymétrie de l'édifice, soit à un couplage résultant de l'augmentation du nombre des oscillateurs en présence. Dans le premier cas il y coïncidence entre les spectres Raman et infrarouge et discordance dans le second cas.

H. Nisi [3] a indiqué pour le spectre Raman du persulfate d'ammonium en solution aqueuses, les raies suivantes :

216 (F), 322 (F), 557 (M), 836 (F), 971 (F), 1027 (F), 1076 (F), 1290 (m).

Pour le persulfate de sodium, aussi en solution aqueuse, L. C. Ghosh et S. K. Das [4] indiquent : 833 et 1082.

Ces spectres se présentent comme complètement différents de ceux des sulfates en solution aqueuse pour lesquels on trouve en moyenne :

450 (D), 610 (D), 980 (P), 1100 (D) cm^{-1} (les symboles D et P indiquent l'état de polarisation des raies Raman).

On remarque qu'aucune raie Raman des persulfates correspondant à notre domaine spectral ne coïncide avec les bandes infrarouges données précédemment. La première hypothèse d'une déformation de l'édifice est à rejeter. La formule simple des persulfates est donc exclue.

Nous rappellerons que, dans les cristaux, par exemple pour les sulfates, suivant les interprétations données par divers auteurs (J. Cabannes, Mme Couture-Mathieu, etc.) on doit considérer un couplage analogue à celui que nous proposons. Il intervient alors, non pas le motif élémentaire, mais le nombre d'ions de la maille : on observe également une augmentation du nombre de bandes par rapport à celui de l'ion isolé et, toutes les fois où ce couplage fait apparaître un centre de symétrie, une discordance entre les fréquences Raman et infrarouge.

L'étude magnétique et infrarouge qui précède conduit donc à adopter pour l'ion persulfurique et sûrement dans les persulfates de potassium et d'ammonium, une formule au moins double.

---

(2) *Trans. Farad. Soc.*, 25, 1929, p. 856.
(3) *Jap. J. Phys.*, 5, 1929, p. 49.
(4) *J. Phys. Chem.*, 36, 1932, p. 586.

IMMUNOLOGIE. — *Immunité antistaphylococcique développée par l'anatoxine spécifique et influence des antibiotiques.* Note de MM. **Gaston Ramon, Rémy Richou** et **Claude Gerbeaux.**

En 1946, nous indiquions (¹) que l'on pouvait associer l'anatoxithérapie spécifique et la pénicillino-thérapie dans le traitement des staphylococcies humaines et animales, sans que les deux médications puissent se porter un mutuel préjudice, leur mode d'action étant tout à fait différent.

Des expériences, non publiées, effectuées à l'époque, nous avaient en effet montré que l'immunité spécifique est du même degré chez les lapins immunisés au moyen de l'anatoxine staphylococcique, seule ou additionnée de pénicilline, et chez ceux recevant, simultanément à chaque injection d'anatoxine, une injection massive de pénicilline.

Au cours de nouveaux essais, nous avons étudié respectivement l'influence des injections répétées de pénicilline et de streptomycine sur l'immunité provoquée par l'anatoxine staphylococcique. Voici l'une de nos expériences :

Première série. — 6 lapins reçoivent, à 5 jours d'intervalle, 3 injections de 1, 2 et 4 cm^3 d'une anatoxine staphylococcique titrant 10 unités antigènes au centimètre cube.

Deuxième série. — 6 lapins sont immunisés dans les mêmes conditions que ceux de la première série. Ils reçoivent, en outre, chaque jour, 2 injections de chacune 50 000 unités de pénicilline, soit au total 32 injections et 1 600 000 unités de l'antibiotique.

Troisième série. — Toujours dans les mêmes conditions, 6 lapins reçoivent 3 injections d'anatoxine staphylococcique et 32 injections de chacune 5 cg de streptomycine, soit au total 1,60 g de l'antibiotique.

Tous les animaux sont saignés 7 jours après la dernière injection d'anatoxine, et l'antitoxine staphylococcique est titrée, par la méthode hémolytique, dans les mélanges des sérums de chaque série.

Le tableau ci-dessous rend compte des résultats obtenus :

Mode d'immunisation.	Titre (en unités antitoxiques internationales).
I. Anatoxine seule	+ 2-3
II. Anatoxine et pénicilline	+ 3-5
III. Anatoxine et streptomycine	+ 5-7

(¹) G. Ramon, R. Richou, P. Mercier et G. Holstein, *Revue d'Immunologie*, **10**, 1946, p. 71. *Voir* également : R. Richou, *Revue d'Immunologie*, **13**, 1949, p. 66.

On constate, à l'examen de ce tableau, que les injections répétées de pénicilline et de streptomycine ne nuisent pas à l'établissement de l'immunité antistaphylococcique, puisque l'immunité obtenue chez les lapins soumis aux injections d'antibiotiques apparaît légèrement supérieure à celle engendrée chez les animaux n'ayant reçu que les injections d'anatoxine. Nous attribuons cette légère supériorité davantage aux différences individuelles, que nous avons constatées à maintes reprises, qu'à une quelconque action des antibiotiques sur le développement de l'immunité.

Ces résultats montrent, une fois de plus, les avantages que l'on peut retirer en associant la pénicillinothérapie ou la streptomycinothérapie à l'anatoxithérapie spécifique, dans le traitement des staphylococcies de l'Homme et des animaux domestiques.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Pouvoirs rotatoires magnétiques du néon et de l'oxyde azoteux.* Note (*) de MM. **René de Mallemann** et **François Suhner**.

1. *Néon.* — La rotation magnétique de ce gaz fut observée en 1932 ([1]), mais sa valeur, très petite, déterminait seulement l'ordre de grandeur de la constante de Verdet, la précision ne dépassant pas 20 %.

Il était donc utile de reprendre les mesures à l'aide de notre dispositif perfectionné. Le néon employé, dit « spectroscopiquement pur » provenait de la Société l'Air Liquide.

Indice (mesuré) : $n_0 = 1{,}000067^5$ (1,0000671 d'après Cuthbertson).

Les rotations sont observées au moyen d'un analyseur Chaumont. Le résultat indiqué ci-dessous est la moyenne d'un grand nombre de lectures concordant à moins de 0°,01 près.

$$p = 2\,602 \text{ mm}; \qquad t = 14°;$$
$$I = 40\,\text{A}; \qquad \text{D. P. M.} : \mathcal{H} = 102{,}26.10^4 \text{ C. G. S.};$$
$$\text{Rot. double } (\lambda = 578 \text{ m}\mu) : 0°{,}11 = 6{,}6 \text{ min.}$$

D'où

$$\Lambda = \frac{3{,}3}{102{,}26}\,10^{-4} = 3{,}23.10^{-6} \text{ min}$$

et

$$\Lambda_0^{760} = \frac{3{,}23 \times 1{,}05}{3.42}\,10^{-6} = 0{,}99.10^{-6} \text{ min.}$$

Ce nombre est pratiquement *identique* à celui que nous avions indiqué antérieurement ($1{,}1.10^{-6}$ pour la raie *verte* du mercure). On peut conclure

(*) Séance du 2 juillet 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 861.

que la valeur $A_0^{760} = 1,0.10^{-6}$ (min), pour $\lambda = 578\,m\mu$, est vraisemblablement exacte à moins de 5 % près.

$$\text{Dispersions : } \frac{546}{578} = 1,13^2; \qquad \frac{436}{578} = 1,82.$$

D'autre part :

$$d_0^{760} = 0,90035.10^{-3}, \qquad [A] = 1,1.10^{-3}(\text{min}).$$
$$[A]_M = 2,2.10^{-2}(\text{min}) = 0,64.10^{-5}(\text{rad}).$$

La rotativité *atomique* du néon vaut à peu près deux fois celle de l'hélium (la plus faible pour l'ensemble des éléments), mais l'ordre se trouve inversé pour les rotativités *spécifiques*, celle du néon (inférieure d'environ deux fois un quart à celle de He) correspondant au minimum, dans l'état actuel de nos connaissances ([2]).

2. *Oxyde azoteux. — a.* Ce composé avait été observé à l'état gazeux par H. Becquerel ([3]), au voisinage de la pression normale, puis par Siertsema, sous 30 atm, à 11°, et aussi dans l'état *liquide* ([4]).

Mais les résultats, ramenés aux conditions normales, diffèrent considérablement ([5]) :

$\lambda = 589\,m\mu$:

$$A_0^{760} = 16,9.10^{-6}(B), \qquad A_0^{760} = 6,46.10^{-6}(S).$$

Des mesures effectuées par P. Gabiano et l'un de nous ([6]), sous 2 à 3 kg, ont conduit à la valeur intermédiaire :

$\lambda = 578\,m\mu$:

$$A_0^{760} = 7,8.10^{-6}(\text{min}), \qquad [A]_M = 5,1.10^{-5}(\text{rad}),$$

beaucoup plus proche du nombre de Siertsema, quoique très notablement supérieure.

A titre de contrôle, les observations ont été reprises avec le nouvel appareil. Le gaz est obtenu à partir du liquide fourni par la Société française des Produits oxygénés.

Indice mesuré : $n_0 = 1,000515$ (c'est exactement le nombre indiqué par Mascart).

$p = 3022$ mm ; $t = 13°,2$;

I = 24 A ; D. P. M. : Hl = 612560 C. G. S.

Rot. double ($\lambda = 578\,m\mu$) : 0°,61 = 36,6 min.

([2]) On a des raisons de penser que la rotativité du *fluor* (non encore mesurée) doit être très petite.

([3]) *Ann. Chim. Phys.*, 5e série, 21, 1880, p. 365.

([4]) *Com. Lab. Leyden*, 1899-1904, nos 49, 72, 90.

([5]) La compressibilité intervient ici au premier chef, et, à défaut de données numériques pour les pressions voisines de 30 atm, Siertsema évalue la densité par des considérations « d'états correspondants ». Il semble que ce procédé de calcul l'ait conduit à une densité beaucoup trop forte et, conséquemment, à un A_0^{760} trop faible, comme on le verra dans la suite.

([6]) *Ann. Phys.*, 10e série,, 20, 1933, p. 68.

D'où

$$\Lambda = \frac{18,3}{612560} = 2,99 \cdot 10^{-5} \text{ (min)}.$$

Tenu compte de la *compressibilité* (Leduc), on calcule $d_{13,2}^{3022} = 7,63 \cdot 10^{-3}$, ce qui donne

$$[\Lambda] = 3,92 \cdot 10^{-3} \text{ (min)}; \qquad [\Lambda]_M = 5,02 \cdot 10^{-5} \text{ (rad)}.$$

Dans les conditions *normales* : $d_0^{760} = 1,9778 \cdot 10^{-3}$, d'où

$$\Lambda_0^{760} = 3,92 \times 1,9778 \cdot 10^{-6} = 7,75 \cdot 10^{-6},$$

en bon accord avec le nombre trouvé antérieurement.

$$\text{Dispersions : } \frac{546}{578} = 1,11; \qquad \frac{436}{578} = 1,85.$$

b. Il est intéressant, d'autre part, de comparer la *rotativité* du *gaz* à celle du *liquide* (7).

Pour ce dernier, d'après Siertsema : $\Lambda^{589} = 0,554' \cdot 10^{-2}$, à $-92°$; tenu compte de la dispersion : $\Lambda^{578} = 0,565' \cdot 10^{-2}$, et, d'après les données actuellement disponibles : $d = 1,226$, à $-89°$; d'où

$$[\Lambda]_L = 0,467 \cdot 10^{-2}; \qquad \frac{[\Lambda]_G}{[\Lambda]_L} = \frac{3,92}{4,67} = 0,84.$$

Ce rapport correspondrait à l'indice $1,32$ (liquide). Il ne semble pas que l'indice de N_2O ait été mesuré à basse température, mais, d'après Bleekrode, $n = 1,194$, à $15°$, et, d'après Villard, $d_{15°} = 0,82$. En admettant la constance de la réfractivité, on calculerait $n = 1,30$, environ, à $-92°$.

En somme, *l'invariance de la rotativité dans le changement d'état paraît très sensiblement vérifiée ;* on peut admettre pour $\lambda = 578\ \text{m}\mu$: $[\Omega]_M = 5,05 \cdot 10^{-5}$ (rad).

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome 227 (Juillet-Décembre 1948) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **Waclaw Sierpinski** adresse à l'Académie son Ouvrage : *Algèbre des ensembles*, qui constitue le Tome XXIII des *Monografie matematyczne*.

---

(7) Siertsema avait comparé les rotations spécifiques du gaz et du liquide, pour lesquelles il calcule le rapport 0,64, valeur beaucoup trop faible en raison de l'inexactitude des nombres pris pour les densités.

M. **Gottlieb Flückiger** fait hommage d'une brochure : *Le problème de la vaccination antirabique chez le Chien.*

DÉSIGNATIONS.

MM. **Charles Jacob**, **Charles Mauguin**, **Emmanuel de Margerie**, **Albert Michel-Lévy**, **Paul Fallot**, Membres de l'Académie, **Théodore Monod**, Correspondant, sont désignés pour représenter l'Académie à la XIXe Session du Congrès géologique international, qui se tiendra à Alger, du 8 au 15 septembre 1952.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire d'Entomologie, vacante au Muséum national d'histoire naturelle, pour la première ligne, M. *Lucien Chopard* obtient 31 suffrages, contre 20 à M. *Lucien Berland.*

Pour la seconde ligne, M. *Lucien Berland* obtient 44 suffrages. Il y a 1 bulletin blanc et 2 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne............. M. **Lucien Chopard**.
En seconde ligne................. M. **Lucien Berland**.

PLIS CACHETÉS.

M. **Louis Dunoyer** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 20 juillet 1936 et enregistré sous le n° 11189.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Observations relatives à la métallisation des surfaces par évaporation dans le vide.*

(Renvoi à la Section de Physique générale.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an* 1952, publiée par le Bureau des Longitudes.

2° Ray Society. *The British Mysidacea*, by W. M. TATTERSALL and OLIVE S. TATTERSALL.

3° *Veröffentlichungen des Deutschen Aktuarvereins*, n° 1.

4° Union internationale des Sciences biologiques. Série A (Générale), n° 10. X° Assemblée générale. Stockholm, juillet 1950.

Il signale également un Ouvrage polycopié :

THOMAS J. J. SEE. *Wave-Theory! Discovery of the cause of gravitation.* Book XI. Part I, 1951.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une inégalité concernant la croissance des fonctions harmoniques à plusieurs variables.* Note de M. **ALEXANDRE DINGHAS**, présentée par M. Paul Montel.

Dans une Note précédente [1] j'ai démontré par une méthode différentielle inaugurée par Carleman, le théorème suivant :

Soient U(P) *une fonction harmonique* (*ou sous-harmonique différentiable*) *du point* $P(x_1, \ldots, x_n)$ *d'un espace euclidien* E_n *et* G *un domaine ayant comme frontière une multiplicité* F_{n-1} *contenant le point* $P_0 = 0$ *et séparant* E_n.

Désignons par S_r l'intersection de G avec la sphère $x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_n^2 = r^2$, et par s_r sa réduction sur la sphère unité S, $\xi_1^2 + \ldots + \xi_n^2 = 1$, par une projection centrale faite à partir du point P_0. Si U vérifie au voisinage de tout point frontière Q à distance finie l'inégalité $\overline{\lim}_{P \to Q} U(P) \leqq 0$ et est positif au moins en un point de G, on aura

$$m(r)\, r^{n-2} \geqq C_0 \int_{r_0}^{r} x^{n-3} e^{2\varphi(x)}\, dx + C_1 \qquad (C_0 > 0), \tag{1}$$

$m(r)$ étant définie par l'équation

$$m(r) = \int_{S_r} \overset{+}{U}{}^2\, d\omega, \tag{2}$$

où $d\omega$ est l'élément de surface de S.

Quant à $\varphi(r)$, on aura

$$2\varphi(r) = \int_{r_0}^{r} \frac{a(x)}{x}\, dx. \tag{3}$$

avec $a(r) = \sqrt{4\lambda^2(r) + (n-2)^2} - (n-2)$, $\lambda(r)$ étant le minimum de

$$\int_{s_r} \nabla u\, d\omega : \int_{s_r} u^2\, d\omega, \tag{4}$$

---

[1] *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1394.

pris pour toutes les fonctions différentiables u s'annulant sur la frontière de s_r. Maintenant on peut démontrer par la symétrisation de Steiner que j'ai fondée dans un travail antérieur ([2]), que $\lambda(r)$ est au moins égale au minimum de l'expression (4) prise pour une sphère géodésique g sur S ayant le même volume que s_r (Problème Rayleigh sur S). En appelant alors $\rho[\rho=\rho(r)]$ le rayon sphérique de g et considérant l'équation

$$\Delta u+\alpha(\alpha+n-2)\,u=0 \qquad [\alpha=\alpha(r)]$$

qui donne la fonction minimisante pour g, on voit que $\rho(r)$ est égal à $2\alpha(r)$ et, en conséquence, on a

$$\varphi(r)=\int_{r_0}^{r}\frac{\alpha(x)}{x}\,dx,$$

où α est la plus petite valeur positive de ν pour laquelle on a

$$F\left(\nu+n-2,\,-\nu\,;\,\frac{n-1}{2}\,;\,\sin^2\frac{\rho}{2}\right)=0. \tag{5}$$

Je reviendrai dans un travail prochain sur cette question et sur la détermination effective de α par l'équation (5), ainsi que sur la limitation de la croissance d'une fonction harmonique (ou sous-harmonique différentiable) par m, en supposant, d'après M. Denjoy, qu'il existe au moins m domaines d'une nature analogue à celle de G.

ÉLASTICITÉ PLANE. — *Sur l'expression au moyen de deux fonctions de variable complexe des déplacements dans un prisme à connexion multiple où règnent des tensions résiduelles.* Note (*) de M. **François Teissier du Cros**, présentée par M. Joseph Pérès.

On sait que ([1]) la déformation plane (parallèle au plan xOy) d'un corps élastique non soumis à des forces massiques, dépend de *deux fonctions analytiques* de $z=x+iy$. Love a donné les expressions correspondantes des coordonnées u et v du déplacement pour un corps dont la section est à *connexion simple*. Le cas de la contrainte à deux dimensions est résolu par les formules de M. Timoshenko ([2]) (où y joue un rôle spécial)

$$\left\{\begin{aligned} u&=\frac{1}{2}\Phi(x,y)-\frac{1}{4}(1+\eta)\,y\psi(x,y)+\psi_1(x,y),\\ v&=\frac{1}{4}(1-\eta)\,\Psi(x,y)-\frac{1}{4}(1+\eta)\,y\varphi(x,y)+\varphi_1(x,y)\end{aligned}\right. \tag{1}$$

([2]) *Einfacher Beweis der isoperimetrischen Eigenschaft der Kugel im Riemannschen Räumen konstanter Krümmung* (*Mathem. Nachr.*, 2, 1949, p. 148-162).

(*) Séance du 2 juillet 1951.

([1]) Love, *Mathem. Theory of Elasticity*, 1892, chap. XII et 1927, chap. IX, p. 205.

([2]) *Théorie de l'Élasticité*, 1934, trad. française, chap. V, p. 173.

η, coefficient de Poisson du matériau; φ et ψ, Φ et Ψ, φ_1 et ψ_1 sont trois paires de fonctions harmoniques associées, qui dépendent de deux fonctions f, et f_1 holomorphes de z dans la section, selon $\varphi + i\psi = f(z)$, $\Phi + i\Psi =$ primitive de $f(z)$, $\varphi_1 + i\Psi_1 = f_1(z)$.

Pour obtenir (1), ces auteurs ont intégré le système d'équations de Cauchy à seconds membres

$$(2) \qquad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = \theta(x, y), \qquad \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} = 2\omega(x, y),$$

Nous allons donner une expression plus générale du déplacement, valable dans une *aire* D *à multiple connexion* (lacunes $L_1, L_2, \ldots, L_g$), où l'*état initial n'est pas neutre*. L'expression renferme symétriquement les deux coordonnées et s'applique aux deux modes de sollicitation : la déformation plane (I) et la contrainte à deux dimensions (II). On appelle τ un coefficient égal à $\tau_1 = (\lambda + 3\mu)/(\lambda + \mu)$ dans le cas (I) et $\tau_2 = (5\lambda + 6\mu)/(3\lambda + 2\mu)$ dans le cas (II) (λ, μ, coefficients de Lamé).

Les *forces extérieures* sont des actions de contact à la surface du prisme et des forces à distance, de densité linéaire constante, qui agissent sur certains segments intérieurs parallèles aux génératrices. Excluons de D les points des contours et les points $z_1, z_2, \ldots, z_h$ d'intersection avec lesdits segments, il reste un *domaine ouvert* D_0 à connexion multiple, celui des valeurs de z complexe. t désigne une variable complexe *indépendante* de z dont le domaine des valeurs est D_0^*, symétrique de D_0 par rapport à Ox.

a. Connexion simple, état initial neutre. — u, v, sont deux fonctions *analytiques* (biharmoniques) et *uniformes* de x, y dans D_0. La substitution

$$(3) \qquad x = \frac{1}{2}(z + t), \qquad y = \frac{1}{2} i(t - z)$$

transforme les fonctions de x, y en fonctions de z, t marquées d'un $'$, ainsi

$$(4) \quad W(x, y) = u + iv, \qquad W_0(x, y) = u - iv, \qquad \text{deviennent } W'(z, t), W'_0(z, t),$$

holomorphes dans un domaine $E(z \in D_0, t \in D_0^*, |t - \bar{z}|$ convenablement borné). D'autre part la quantité $\pi(z, t) = \theta/2(\tau - 1) + i\omega/(\tau + 1)$ [*voir* (2)], satisfait $\partial\pi/\partial t = 0$ lorsque $t = \bar{z}$, en vertu des équations d'équilibre, et cette identité se prolonge dans E, d'où $\pi(z, t) = p(z)$ holomorphe dans D_0 et arbitraire. Soit p^* la fonction conjuguée, W' et W'_0 satisfont

$$(5) \qquad \frac{\partial W'}{\partial z} = \tau p(z) - p^*(t), \qquad \frac{\partial W'_0}{\partial t} = \tau p^*(t) - p(z)$$

lorsque $t = \bar{z}$, et par suite aussi dans E.

Appelons $P(z)$ une primitive de $\mu p(z)$, l'intégrale générale de (6) est

$$(6) \quad \mu W'(z, t) = \tau P(z) - z\frac{dP^*}{dt} + q^*(t), \qquad \mu W'_0(z, t) = \tau P^*(t) - t\frac{dP}{dz} + q(z);$$

où $q(z)$ est holomorphe dans D_0 et arbitraire. La substitution inverse de (3) fournit les expressions de u, v, en x, y où les deux coordonnées apparaissent symétriquement. Pour identifier à (1) on remplace $q(z)$ par $z(dP/dz)+q(z)$ holomorphe. Les *expressions générales de la contrainte* N_1, N_2, T_3 et de la *fonction d'Airy* $A(x, y)$, sont

$$(7)\quad \begin{cases} N'_1+N'_2=4\dfrac{dP}{dz}+4\dfrac{dP^*}{dt}, \qquad \dfrac{1}{2}(N'_1-N'_2)-iT'_3=-2t\dfrac{d^2P}{dz^2}+2\dfrac{dq}{dz}, \\ A'(z, t)=tP(z)+zP^*(t)-Q(z)-Q^*(t) \qquad (Q \text{ primitive de } q). \end{cases}$$

b. Connexion multiple, tensions résiduelles. — On admet qu'il existe un déplacement $-u_0$, $-v_0$ régulier, capable d'annuler les tensions résiduelles N_1^0, N_2^0, T_3^0 au voisinage de tout point de D_0, lié à elles par les mêmes équations locales que le déplacement réel l'est à la contrainte correspondante N_1, N_2, T_3 En général u_0 et v_0 ne sont pas uniformes, le déplacement total u_0+u, v_0+v non plus. Cherchons l'expresion de $W'_0=u_0+u-i(v_0+v)$. *L'uniformité de la contrainte* totale $N_1^0+N_1$, ... entraîne celle de d^2P/dz^2, $\text{Ré}.dP/dz$, dq/dz. Soient Λ_1, Λ_2, ..., Λ_h des lacets autour des points singuliers z_1, z_2, ..., z_h et Λ_{h+1}, ..., Λ_{h+g}, des lacets autour des lacunes (on y choisit les points z_{h+1}, ..., z_{h+g}); les accroissements de dP/dz et $q(z)$ sur Λ_k sont respectivement ia_k (a_k réel), et β_k complexe. *L'expression générale* cherchée est alors

$$(8)\quad \begin{aligned} \mu W'_0(z, t) = {} & \tau G^*(t) - t\frac{dG}{dz} + h(z) - \frac{t}{2i\pi}\sum_k \frac{a_k}{z-z_k} \\ & + \frac{1}{2\pi}\sum_k a_k(t-\bar{z}_k)\left[\tau\log(t-\bar{z}_k)-\log(z-z_k)-1\right] \\ & + \frac{1}{2i\pi}\sum_k (\beta_k - ia_k\bar{z}_k)\log(z-z_k)-\tau\bar{\alpha}_k\log(t-\bar{z}_k). \end{aligned}$$

[$k=1, 2, \ldots, h+g$; α_k const.; $G(z)$ et $h(z)$ holomorphes arbitraires dans D_0.]

Faisons une coupure à partir de z_k d'angle polaire λ, posons $|z-z_k|=r_k$, l'accroissement de u, v d'un bord à l'autre est

$$\delta u = b_k-(\tau+1)a_k r_k\sin\lambda, \qquad \delta v = b'_k+(\tau+1)a_k r_k\cos\lambda;$$
$$\text{avec } b_k,\ b'_k \text{ réels et } b_k - ib'_k = \beta_k+\tau\bar{\alpha}_k - ia_k\bar{z}_k.$$

AÉROTHERMODYNAMIQUE. — *Sur l'étude d'un champ d'écoulement transsonique ou supersonique au moyen d'ondes ultrasonores.* Note de Mlle **Geneviève Dubois**, MM. **Roger Kling** et **Edmond Vieilledent**, présentée par M. Maurice Roy.

On a signalé, dans une Note antérieure [1], la possibilité de mesurer la vitesse moyenne d'écoulement d'un courant gazeux rapide au moyen d'un

[1] Mlle G. Dubois et R. Kling, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 363.

faisceau d'ultrasons émis normalement à la paroi et observé par une méthode strioscopique.

La précision de la mesure, assez limitée, est liée aux phénomènes de diffraction sur les bords du faisceau et ne semble pas, pour le moment, pouvoir être sensiblement améliorée.

Par contre, les mesures de longueur d'onde d'où l'on déduit la célérité locale du son et, par suite, la température, peuvent être beaucoup plus précises, si bien qu'un tel dispositif a pu être considéré par certains auteurs ([2]) comme un « thermomètre ultrasonore ».

L'application de cette méthode en soufflerie est d'autant plus délicate que la vitesse d'écoulement est plus élevée, l'émission du faisceau d'ultrasons dans la veine à partir de la paroi ne devant pas perturber l'écoulement dans la zone étudiée.

Dans le cas d'une soufflerie à aspiration, à veine de section rectangulaire, on a pu réaliser un montage de principe différent, qui évite les difficultés précédentes et conduit à des mesures de vitesse plus précises ([3]).

Les ondes ultrasonores sont émises dans le sens de l'écoulement au moyen d'une sirène de Hartmann disposée de manière à éviter de perturber l'écoulement, à l'entrée du collecteur.

Si l'on détermine la longueur d'onde apparente λ' correspondant à un régime d'écoulement donné, on peut en déduire le nombre de Mach M, et par suite la température, par la formule

$$\frac{\lambda'}{\lambda_0} = \frac{M+1}{\sqrt{1+\frac{\gamma-1}{2}M^2}},$$

où λ_0 représente la longueur d'onde ultrasonore à la température de l'infini amont.

Le procédé peut être particulièrement intéressant pour les écoulements transsoniques et supersoniques, et l'expérience a montré que, dans ce cas, son application n'était pas limitée par la présence d'ondes de choc.

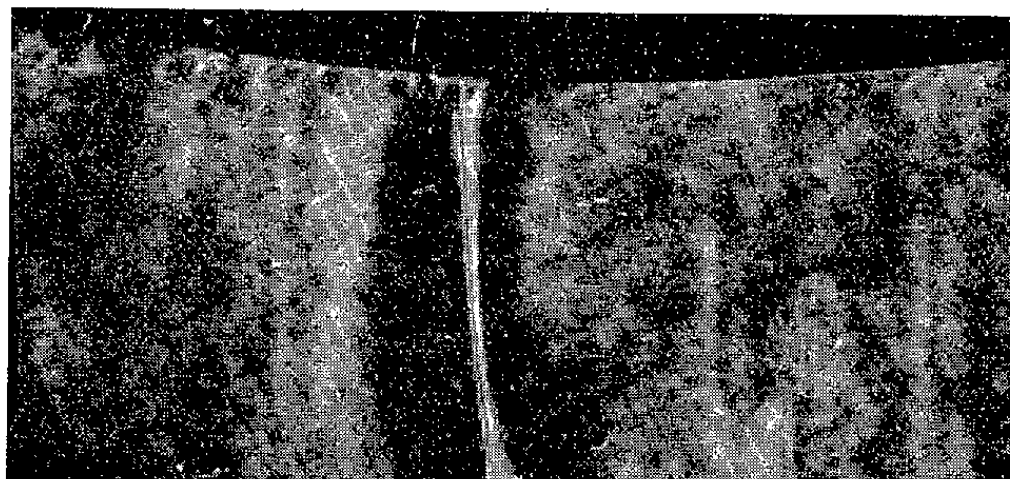
La zone d'observation était située dans la région du col de la tuyère et l'observation effectuée par une méthode déjà décrite ([1]), la source lumineuse étant une étincelle électrique très brève. Par suite de l'absorption élevée des ondes ultrasonores dans le convergent, on a dû opérer à une fréquence relativement basse (22000 c : s) correspondant à une longueur d'onde apparente de 2 à 3 cm.

([2]) Marlow, Nisewayer et Cady, *J. of Applied Physics*, 8, 1949, p. 771.

([3]) Sauer et Heinz ont proposé une méthode analogue pour l'étude du champ d'écoulement autour d'un projectile (*Propagation du son dans un écoulement permanent L.R.B.A.-D.E.F.A.*, Rapport n° 3/47).

Les clichés obtenus montrent que les ondes de choc sont transparentes aux ondes acoustiques dans le domaine transsonique (*fig.* 1).

Le problème de la traversée d'une onde de choc par des ondes sonores a été étudié théoriquement par Burgers (4) et Blokhintzev (5).



Utilisant les équations classiques des fluides parfaits, ces auteurs ont montré que, lorsqu'une onde sonore est émise en amont d'une onde de choc droite, l'onde incidente est partiellement transmise et un champ d'inégalités spatiales de l'entropie apparaît qui se substitue à l'onde réfléchie habituelle. De plus, par suite des variations d'état du gaz imposées par l'onde sonore, l'onde de choc ne conserverait pas une position invariable, mais oscillerait autour d'une position moyenne.

Ces deux phénomènes pourraient expliquer l'absorption notable des ondes ultrasonores au passage de l'onde de choc, absorption que nous avons observée particulièrement avec des fréquences relativement élevées ($\simeq$ 57 000 c:s).

Des expériences quantitatives, par exemple des mesures photométriques, en vue de comparer l'intensité des ondes transmises à celle des ondes incidentes, permettraient de vérifier dans une certaine mesure les théories précédentes.

Il semble aussi que la définition du procédé de mesure de la vitesse pourrait être sensiblement améliorée en utilisant des émetteurs plus puissants, grâce auxquels on pourrait accroître la fréquence des ondes ultrasonores.

AÉROTECHNIQUE. — *Mesure de températures élevées dans des écoulements de gaz.* Note de M. GOTTFRIED DÄTWYLER, présentée par M. Joseph Pérès.

Il y a diverses méthodes pour la mesure de températures élevées dans des écoulements d'air et d'autres gaz (combustion).

Les méthodes optiques (pyromètre à rayonnement; inversion de lignes

(4) *Propagation des ondes sonores à travers une onde de choc* (Rapport n° 47, *Lab. d'Aéro et d'Hydrodynamique de l'École Sup. Tech. de Delft.*, 1946, trad. O.N.E.R.A., n° 1109).

(5) *Journ. of The Acoust. Soc. of America,* **18**, 1946, p. 232.

spectrales) demandent des chambres avec accessibilité optique (fenêtres). Pour cette raison ces méthodes ne sont applicables qu'à des objets spéciaux dans le laboratoire.

Les thermomètres à résistance et les thermocouples sont en principe bien plus pratiques et plus simples à installer et utiliser. Mais leur exactitude souffre des pertes de chaleur de la sonde par rayonnement et par conduction dans les supports.

Ces pertes peuvent être compensées par un chauffage additionnel de la sonde au moyen de courant électrique (1). Seulement, la dose exacte de ce chauffage auxiliaire n'a pu être déterminée jusqu'à présent que par des mesures additionnelles très compliquées qui de nouveau limitent l'usage de cette méthode au laboratoire de physique proprement dit (mesure dans le vide des pertes de chaleur de la sonde chauffée).

L'anémomètre à fil chaud bien connu (avec compensation de l'inertie thermique de la sonde) permet d'une manière très simple l'utilisation de la méthode à chauffage auxiliaire, la sonde à fil chaud servant en même temps comme anémomètre et comme thermomètre à résistance, mesurant le mélange des fluctuations de vitesse et de température de l'écoulement. Mais, contrairement au procédé normal suivi pour faire la séparation des deux sortes de fluctuations (2), on interprète l'effet sur la sonde de la turbulence mixte comme étant produit par la turbulence thermique seule qui sera donc mesurée plus ou moins trop forte en comparaison avec sa vraie intensité.

Si maintenant la température du fil chaud est faite égale à celle de l'air, cette turbulence thermique exagérée aura un minimum prononcé ayant juste la valeur de la vraie turbulence thermique (sans contribution de la part des fluctuations cinématiques. En l'absence de turbulence thermique le minimum sera égal à zéro), car, à ce moment-là il n'y a plus d'échange de chaleur entre fil et air par convection forcée. Donc, quelles que soient les fluctuations de vitesse elles ne peuvent pas influencer la température du fil chaud par variation d'échange de chaleur, cet échange étant nul pour toute valeur de vitesse.

Quand cette égalité de température entre fil et air est atteinte, la tempé-

---

(1) *Voir*, par exemple, F. Berkenbusch, *Annalen der Physik und Chemie*, **67**, 1899, p. 649; H. Schmidt, *Ann. d. Physik*, **29**, 1909, p. 971; V. Griffiths et Awberry, *Proc. Roy. Soc.*, (London), série A, **123**, 1929, p. 401.

(2) *Voir* Stanley Corrsin, *Extended applications of the hot-wire anemometer. The Review of Scientific Instruments*, **18**, 1947, p. 469. Il est à noter que des fluctuations thermiques existent très souvent dans les écoulements, mais elles sont presque toujours oubliées dans les mesures de turbulence cinématique, cette dernière étant donc mesurée trop grande.

rature du fil est mesurée par des moyens usuels, et l'on peut aussi observer et mesurer les vraies fluctuations thermiques de l'écoulement.

Le procédé consiste donc dans la mesure d'une série de valeurs de la turbulence mixte, en fonction du courant de chauffage de la sonde, et dans la mesure de la résistance du fil chaud pour la valeur du courant donnant le minimum de la courbe.

Le tarage de l'appareillage pour de telles mesures de « turbulence thermique mixte » est très simple. La sensibilité thermique de la sonde, c'est-à-dire la variation $(\partial e/\partial t)$ de la tension électrique e aux bouts du fil chaud, par degré de température t, suit de la loi d'Ohm

$$e = \mathrm{IR} = \mathrm{IR}^{\star}[1 + \alpha^{\star}(t - t^{\star})],$$

soit

$$\frac{\partial e}{\partial t} = \mathrm{IR}^{\star}\alpha^{\star} = \text{const. I};$$

où

I, courant de chauffage du fil chaud;

R, résistance du fil chaud à la température t;

$R^{\star}$, résistance du fil chaud à la température de référence $t^{\star}$ choisie dans le voisinage de la température t à déterminer;

$\alpha^{\star}$, coefficient thermique de la résistance électrique du matériau du fil chaud, à la température $t^{\star}$.

Le tarage de l'amplificateur de l'anémomètre pour les divers points de la courbe établissant la température correcte du gaz se fait comme d'habitude en étalonnant pour chaque mesure l'indication de l'instrument de sortie avec une source de tension étalonnée. Ou même, pour la mesure de la température moyenne seule du gaz, où il ne faut pas savoir la valeur absolue de l'amplification, par une comparaison des valeurs relatives de l'amplification utilisée pour les divers points de la courbe.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la chaleur spécifique du sesquioxyde de vanadium entre* 70 *et* 300°C. Note de MM. **Jean Jaffray** et **Raymond Lyand**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1. Le sesquioxyde de vanadium V_2O_3 montre vers — 100° une transformation polymorphique du premier ordre [existence d'une chaleur latente et d'une contraction de volume (1)] qui est bien connue et qui s'accompagne d'anomalies magnétiques (2) et de résistance électrique (1).

Pour des températures plus élevées, cet oxyde possède encore des anoma-

(1) M. Foëx, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1126.

(2) Hoschek et Klemm, *Z. anorg. chem.*, 242, 1939, p. 63.

lies : c'est ainsi que le coefficient de dilatation subit une discontinuité entre 200 et 300°C ([3]), que la résistance électrique passe par un maximum entre ces deux températures ([3]) et que la susceptibilité magnétique reste constante entre une température légèrement supérieure à 100° et une autre comprise entre 200 et 300°, alors qu'ailleurs, elle suit la loi de Weiss ([4]). Les propriétés varient sensiblement d'un échantillon à l'autre avec la température de préparation.

Si la chaleur spécifique de V_2O_3 est bien connue aux basses températures et jusqu'à 15° C, elle ne semblait pas avoir été mesurée au-dessus de la température ordinaire.

2. La chaleur spécifique à pression constante a été mesurée par calorimétrie électrique adiabatique entre 70° et 300° C ([5]). Dans ce domaine, nous avons trouvé deux anomalies, l'une à 110-112° C, l'autre à 258-260° C. La première consiste en un maximum assez étalé suivi d'une décroissance relativement rapide s'étendant sur une quinzaine de degrés, puis d'une décroissance très lente et plus prolongée. La seconde montre un maximum aigu suivi d'une chute rapide et peut être verticale et d'une croissance assez rapide; cette dernière anomalie laisse penser à une transformation λ mais, dans une petite région englobant cette anomalie, les mesures ne sont pas tout à fait reproductibles.

3. En adoptant comme valeur de la chaleur molaire du chlorure de potassium (pris comme corps de comparaison) celle qui est donnée par la formule

$$C_p = 12,10 + 3,97.10^{-3}\theta \qquad (\theta > 0^\circ C) \quad ([6]),$$

on en a déduit les valeurs suivantes de la chaleur molaire du sesquioxyde de vanadium, qui semblent exactes à 2 % près :

θ° C.	$C_p\left(\frac{\text{calorie}}{\text{mol-g degré}}\right)$.	θ° C.	$C_p\left(\frac{\text{calorie}}{\text{mol-g degré}}\right)$.	θ° C.	$C_p\left(\frac{\text{calorie}}{\text{mol-g degré}}\right)$.
70	28,3	150	26,8	240	25,0
80	28,4	160	26,4	250	25,0
90	28,5	170	26,2	Maximum aigu	
100	28,7	180	26,0	265	21,5
110	28,8	190	25,7	270	21,7
Maximum		200	25,4	280	22,2
120	28,4	210	25,2	290	22,8
130	27,5	220	25,0	300	23,4
140	27,2	230	25,0		

4. Il est probable que le maximum de chaleur spécifique observé vers 110°C

([3]) M. Foëx, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 880.
([4]) G. Foëx et J. Wucher, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 882.
([5]) Sur un échantillon préparé par M. Marc Foëx à 1100°C.
([6]) Ziegler et Messer, *J. Amer. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2694.

coïncide avec le passage du paramagnétisme de Weiss au paramagnétisme constant, observé à des températures échelonnées entre 110 et 140°C, suivant les échantillons ([4]).

Quant à l'anomalie de chaleur spécifique de 258°C, elle accompagne sans doute l'anomalie de dilatation observée au-dessus de 200°C, mais dont il est difficile de préciser la température sur la courbe publiée par M. Foëx ([3]). Peut-être y a-t-il encore coïncidence avec le maximum de résistivité [295°C d'après ([3])] et le passage du paramagnétisme constant au paramagnétisme de Weiss, qui a été observé entre 220 et 240°C, suivant les échantillons ([4]).

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Désorption des couches superficielles solubles maintenues à aire constante*. Note de Mme **Lisbeth Saraga**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a étudié théoriquement et expérimentalement la désorption d'un film légèrement soluble (acide laurique) maintenu à aire constante. Les lois ainsi établies permettent d'améliorer les procédés d'extrapolation au temps zéro de la pression superficielle d'un film légèrement soluble. Application au tracé de l'isotherme de l'acide laurique dans l'état condensé et l'état gazeux.

Ayant étalé sur de l'eau acidulée (HCl 0,01 N à 21°C) une couche superficielle d'acide laurique, légèrement soluble dans le support liquide, on se propose d'étudier en fonction du temps les *variations de la pression superficielle* de cette couche maintenue à *aire constante*. On suit la pression superficielle à l'aide du manomètre de J. Guastalla ([1]). La figure 1 représente la désorption (pression en fonction du temps) de la couche superficielle entre 5 et 2 dyne : cm.

Interprétation. — L'étude de la désorption des couches superficielles condensées maintenues sous *pression constante* a montré ([2]) que le phénomène est régi par la diffusion et qu'à chaque instant il y a *équilibre* entre le *film* et une *couche de solution* très mince, immédiatement sous-jacente, de concentration constante. Dans le cas présent (pression variable en fonction du temps) on admettra : *a.* qu'il y a toujours un équilibre entre le film et la couche de solution sous-jacente de concentration *instantanée* C_a; *b.* que la vitesse de variation de C_a est assez faible pour que le régime de diffusion soit à chaque instant celui qui correspond aux conditions aux limites $c = C_a$.

Soit D la constante de diffusion, t le temps, p la pression de la couche superficielle et δ sa concentration en molécules par centimètre carré, $K_a = C_a/\delta$ le coefficient d'adsorption, qui peut varier avec la pression ([2]). J'ai cherché, en fonction du temps, la variation de la densité superficielle de la couche dont la désorption est régie par la diffusion dans le support liquide sous-jacent (sup-

([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 973.

([2]) L. Saraga (Sharaga), *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 46 et 335.

port supposé pur à l'instant zéro de l'expérience, et d'épaisseur infinie) ([2]). Dans les hypothèses (a) et (b), si le coefficient d'absorption K_a est pratique-

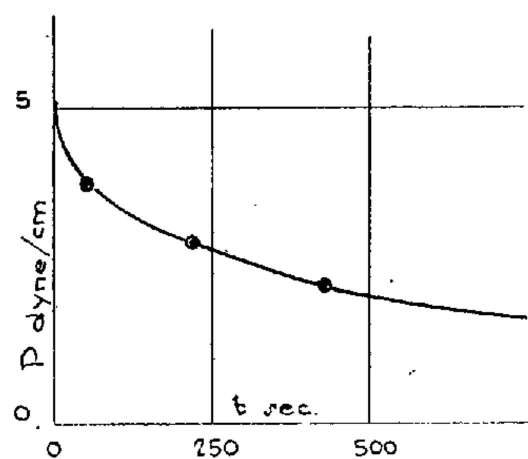


Fig. 1.

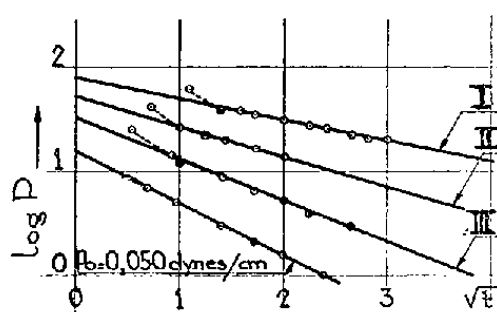


Fig. 2.

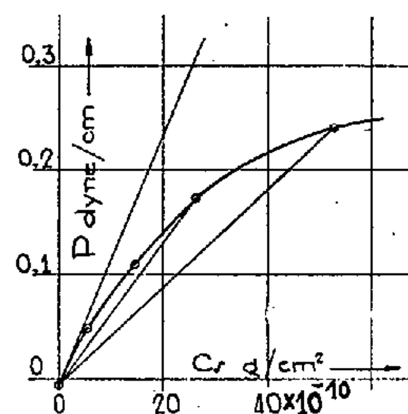


Fig. 3.

Fig. 1. — Désorption à aire constante (pression en fonction du temps). État condensé; support HCl 0,01 N; T = 21° C; p_0 = 5,15 dyne:cm. Trait : expérience, points : calcul.

Fig. 2. — Extrapolation au temps zéro : log p en fonction de $\sqrt{t}$ (min). État gazeux. Support HCl 0,01 N; T = 19° C. (I), (II), (III) p extrap. 0,240; 0,173; 0,110 dyne/cm.

Fig. 3. — Isotherme (p en fonction de C_s, concentration superficielle). État gazeux; support HCl 0,01 N; T = 19° C.

ment constant pendant que la pression de la couche varie, la dérivée $-d\delta/dt$, débit moléculaire instantané à la surface, peut s'écrire avec une bonne approximation,

$$(1)\qquad -\frac{d\delta}{dt} = \frac{C_a(t)\sqrt{D}}{\sqrt{\pi t}} = -\frac{1}{K_a}\frac{dC_a}{dt},$$

soit en intégrant

$$(2)\qquad \ln\frac{C_a}{C_{a_0}} = \frac{2K_a\sqrt{D}}{\sqrt{\pi}}\sqrt{t} = \ln\frac{\delta}{\delta_0} \quad (^3).$$

Or l'état « liquide lâche » de la couche de l'acide laurique à 20°C peut, de 1,5 à 22 dyne : cm, être représenté empiriquement d'une façon assez correcte, par la relation :

$$(3)\qquad \ln p = \ln A + 5,35 \ln\delta.$$

Si l'on élimine $\ln\delta$ entre (2) et (3), on trouve, pour la variation de la pression en fonction du temps, la loi suivante :

$$(4)\qquad \ln\frac{p}{p_0} = 2\times 5,35\,\frac{K_a\sqrt{D}}{\sqrt{\pi}}\sqrt{t}.$$

Prenons par exemple la courbe de désorption de l'acide laurique (*fig.* 1). La valeur du coefficient K_a qui varie très peu autour de 2,8 et celle de la constante de diffusion trouvée ailleurs ([2]) ($D = 5,8\times 10^{-6}$ cm²/sec) ont servi

([3]) La deuxième égalité est correcte en raison de la valeur constante du coefficient d'adsorption K_a.

à calculer à l'aide de (4) la courbe théorique (points *fig.* 1) de variation de la pression en fonction du temps. L'accord est très bon.

D'après (4), si l'on représente le logarithme de la pression en fonction de la racine carrée du temps, on obtient une droite. Cette propriété peut être utilisée à l'extrapolation au temps zéro des pressions superficielles des films légèrement solubles.

Par cette méthode, j'ai pu améliorer la précision de l'isotherme ([4]) de l'acide laurique (sur HCl N/100) entre 1,5 et 25 dyne : cm. J'ai également, en étendant la méthode à un domaine où elle se justifie moins bien du point de vue théorique, tracé par extrapolation des pressions au temps zéro (*fig.* 2), l'isotherme de l'acide laurique à l'état de film gazeux (*fig.* 3). Elle est du même type que celle de l'acide myristique établie par J. Guastalla ([5]). La pente de la tangente à l'origine ([6]) (*fig.* 3) permet de contrôler la méthode par le calcul de la masse moléculaire : on trouve M = 204 (valeur réelle 200).

MAGNÉTISME. — *Sur la mesure des constantes magnétiques par la méthode de Faraday*. Note de M. **Clément Courty**, présentée par M. Gaston Dupouy.

J'ai montré dans une Note récente ([1]) que la mesure amplifiée δ de l'angle de torsion du fil d'une balance monofilaire supportant, dans l'air, un volume v de substance, était reliée aux susceptibilités magnétiques χ et χ_0 de la substance et de l'air par l'expression

$$\delta = kv(\chi - \chi_0), \tag{1}$$

lorsque, dans des conditions bien déterminées et très sévères, on soumettait la substance à un champ magnétique non uniforme H, et de dérivée $\partial H/\partial x$ par rapport à la direction x de déplacement de la substance.

Le facteur k peut être constant si, en particulier, le produit $H(\partial H/\partial x)$ est lui-même invariable. Or, ce produit n'est constant que si le volume v de l'espace occupé par la substance est lui-même constant. Ce fait, qui constitue le point délicat de la méthode de Faraday, méritait d'être examiné pour faire des mesures précises.

On sait, en effet, que dans les mesures relatives de susceptibilités et de coefficients d'aimantation, on compare les effets subis par les substances à ceux que supporte une substance de comparaison, et que l'on applique l'expression (1) ou toute autre basée sur le même principe, en faisant occuper dans l'espace le même volume aux corps à comparer.

([4]) L. Mibashan-Sharaga, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 548.
([5]) J. Guastalla, *J. Ch. Phys.*, **43**, 1946, p. 184.
([6]) *Cf.* J. Guastalla ([5]) (Méthode valable pour les courbes de forme $y = ax - bx^{3/2}$).

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2012.

Pour obtenir ce résultat, la méthode la plus simple consiste à mettre les corps à étudier dans un même tube, de manière à ce que non seulement les volumes soient les mêmes, mais qu'ils occupent réellement le même lieu de l'espace, au moment où le maximum de torsion du fil de la balance est atteint.

J'ai déjà insisté sur ce point avec C. Chéneveau ([2]), et, depuis, de très nombreuses mesures m'ont montré la rigueur de l'expression (1) et la nécessité absolue de bien localiser dans l'espace ce volume v. De plus, comme le précisait ma dernière Note ([1]), le produit $H(\partial H/\partial x)$ passe par un maximum dans une région occupant un volume restreint, de sorte que, si le volume v, souvent supérieur à cet espace à maximum, croît, le facteur k diminue.

Le tableau suivant, assez difficile à interpréter, donne les valeurs expérimentales de k, qui sont toutes de l'ordre de 4 à $5 . 10^8$ pour des volumes d'abord assez voisins, puis, au contraire, très différents. Il a cependant l'avantage de montrer une fois pour toutes et expérimentalement, deux des plus importantes précautions que l'on doit prendre lorsqu'on applique la méthode de Faraday : avoir des volumes égaux de substance, et les placer identiquement dans le champ magnétique agissant.

Les séries de mesures I, II et III, faites avec le même appareil, la balance magnétique de Curie et Chéneveau, mais avec des tubes variés, soit cylindriques et étroits (I et II), soit ovoïdes, et occupant alors tout l'espace utile de l'entrefer de l'aimant (III), montrent l'avantage que l'on a précisément à faire occuper au tube tout cet espace utile de l'entrefer; mais il ne faut pas dépasser un volume optimum qui, pour l'appareil expérimenté, est inférieur à 1,5 cm³.

Valeurs du facteur k en fonction des volumes v de substance, en cm³.

Série I.

v	0,552	0,562	0,563	0,566	0,571	0,575	0,580	0,581	0,637
$10^{-6}k$	431	427	411	398	394	382	383	382	324

Série II.

v	0,582	0,597	0,601	0,610	0,612
$10^{-6}k$	439	429	406	410	410

Série III.

v	0,7	1,44	1,5	1,62	1,63
$10^{-6}k$	527	575	572	552	486

Pour le volume 0,7 cm³, en particulier, la valeur de k a été obtenue au moyen de cinq liquides très purs, tous diamagnétiques, qui avaient donné à partir de la formule (1) les valeurs suivantes, dont 527 est la moyenne :

([2]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 75 et **194**, 1932, p. 2197

Substance....	Eau.	Benzène.	Alcool.	Pyridine.	Chloroforme.	Tétrachlorure de Carbone.
$10^{-6}\,k$.....	526	527	527	527	528	526

La série I, pour laquelle k diminue lorsque v augmente, peut être interprétée en admettant que le volume cylindrique de substance sort des limites du « volume à maximum » par le haut et le bas du cylindre, mais n'est pas assez large pour l'occuper en entier. La même remarque s'applique à la série II, mais les tubes cylindriques étant un peu plus larges, un même volume recouvre, en largeur, plus d'espace à maximum, ce qui entraîne une augmentation de k.

Quant à la série III, elle montrerait que l'espace à maximum est de l'ordre de 1,45 cm³ et que la forme ovoïde du tube est celle qui s'harmonise le mieux avec cet espace. En effet un tube, actuellement expérimenté, constitué par une ampoule cylindrique large à laquelle est soudée une tige de verre (pour avoir, aussi bien que possible, la même suspension à chaque expérience) a donné, tant pour l'eau diamagnétique que pour une solution paramagnétique saturée de sulfate de cuivre dans l'eau, la même constante, $10^{-6}\,k = 450$, pour un volume de 1,417 cm³, valeur assez faible devant le nombre de l'ordre de $575 . 10^6$ auquel la série III nous aurait conduit.

D'autres mesures avec un cristal de bismuth d'une part, et avec des volumes variables de liquide dans un même tube, sont en cours.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur les expressions analytiques du potentiel-vecteur d'un champ magnétique à symétrie de révolution.* Note de MM. **André Moussa** et **Joseph Lafoucrière**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'étude du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique fait intervenir naturellement, par l'intermédiaire de la fonction de Lagrange, le potentiel-vecteur A dont dérive le champ. Nous nous bornerons dans ce qui suit aux champs magnétiques de révolution présentant un plan de symétrie (« plan médian »), nous prendrons pour origine d'un système de coordonnées cylindriques r, φ, z, l'intersection de l'axe et de ce plan, le champ en tout point sera supposé n'avoir que les composantes H_z et H_r, celle-ci nulle dans le plan médian. On voit aisément que $\vec{A}$ peut être réduit à une seule composante A_φ que nous écrirons $A_\varphi = A(r, z)$. Les équations du mouvement d'une particule chargée contiennent alors la quantité $rA = \Phi$, et nous nous proposons de déterminer cette fonction $\Phi(r, z)$ en tout point à partir des valeurs $\Phi_0 = \Phi(r, 0)$, qu'elle prend dans le plan médian et que l'on obtient facilement à partir de mesures magnétiques dans ce plan.

En exprimant la nullité de la divergence et du rotationnel du champ on

parvient à l'équation aux dérivées partielles qui détermine Φ :

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial r^2} - \frac{1}{r}\frac{\partial\Phi}{\partial r} + \frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2} = 0, \tag{1}$$

on substitue alors pour Φ un développement en série entière de la forme

$$\Phi = \Phi_0 + \sum_n \frac{z^n}{n!}\frac{\partial^n\Phi_0}{\partial z^n} \tag{2}$$

et l'on obtient, entre les dérivées sucessives de Φ_0, la relation suivante qui les détermine de proche en proche :

$$\frac{\partial^{n+2}\Phi_0}{\partial z^{n+2}} = \left\{\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} - \frac{\partial^2}{\partial r^2}\right\}\frac{\partial^n\Phi_0}{\partial z^n} \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots). \tag{3}$$

On constate alors que toutes les dérivées impaires $\partial^{2n+1}\Phi_0/\partial z^{2n+1}$ sont identiquement nulles, la première, $\partial\Phi_0/\partial z = -rH_r(r, 0)$, l'étant par hypothèse. Le développement (2) ne contient donc, comme on pouvait s'y attendre, que des termes pairs. Les dérivées paires une fois calculées par application répétée de la relation (3), la convergence uniforme du développement (2) doit être examinée dans chaque cas particulier.

Les champs utilisés dans les spectrographes magnétiques à plan de symétrie étant en général de la forme $H_z(r, 0) = H_0 r^m$, la fonction Φ_0 se présente sous la forme $\Phi_0 = Kr^p$, avec $p = m + 2$, sauf pour $m = -2$, cas où l'on a $\Phi_0 = K.Lr$. En appliquant ce qui précède à des fonctions de ce type, on obtient le développement suivant :

$$\Phi = \Phi_0\left[1 + \sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{(2n)!}p(p-2)^2\ldots(p-2n+2)^2(p-2n)\left(\frac{z}{r}\right)^{2n}\right].$$

Il est facile de voir que cette expression représente une série uniformément convergente à l'extérieur du cône de révolution $z = \pm r$, et satisfait donc dans ce domaine aux conditions du problème.

L'étude de ce développement permet de mettre en évidence les cas particuliers suivants :

1° Si p est un entier positif pair, la série se borne à un polynome en z/r de degré $p - 2$, et la solution est alors valable dans tout l'espace. Ce cas comprend le champ uniforme $H_z = H_0 = \text{const.}$, $\Phi_0 = H_0 r^2/2$ et $\Phi \equiv \Phi_0$. D'ailleurs les cas où $p > 2$ correspondent à des champs qui croissent en s'écartant de l'axe et ont peu d'intérêt pratique.

2° Si l'on a $p = \pm 1$, on constate l'identité du développement obtenu avec celui de $[1 + (z^2/r^2)]^{1/2}$ ou $[1 + (z^2/r^2)]^{-3/2}$ en série du binome. On a donc alors

$$\Phi = Kr\left(1 + \frac{z^2}{r^2}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad \text{ou} \qquad \Phi = \frac{K}{r}\left(1 + \frac{z^2}{r^2}\right)^{-\frac{3}{2}},$$

on vérifie que ces expressions sont bien effectivement solutions de (1), elles sont donc valables dans tout l'espace, à l'exclusion des points de l'axe.

3° Le champ $H_z(r, 0) = H_0 r^{-1/2}$ dont les propriétés ont été mises en évidence par Svartholm et Siegbahn (1) donne le développement suivant, correspondant à $p = 3/2$:

$$\Phi = \frac{2}{3} H_0 r^{\frac{3}{2}} \left[1 + \frac{3}{8} \frac{z^2}{r^2} - \frac{5}{128} \frac{z^4}{r^4} + \frac{15}{1024} \frac{z^6}{r^6} - \dots \right].$$

4° Si l'on a $m = -2$, $\Phi_0 = K . Lr$, et le développement devient

$$\Phi = K \left[Lr - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n)!} 2^2 4^2 \dots (2n-2)^2 2n \left(\frac{z}{r}\right)^{2n} \right].$$

Dans ces deux derniers cas, le domaine de validité est celui indiqué plus haut.

Les champs magnétiques utilisés dans les spectrographes à plan de symétrie peuvent toujours, au moins dans un certain domaine de variation de r, s'exprimer au moyen des fonctions précédentes. On peut donc ainsi obtenir la fonction Φ nécessaire au calcul numérique des trajectoires gauches des particules, en vue d'étudier les aberrations de ces appareils. La convergence des développements sera toujours assez rapide car le domaine utile correspond à des valeurs de z/r nettement inférieures à l'unité.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la conductibilité de dépôts minces de carbone.* Note de MM. **André Blanc-Lapierre**, **Marcel Perrot** et **Nicolas Nifontoff**, présentée par M. Jean Cabannes.

I. Quelques auteurs ont signalé des écarts à la loi d'Ohm pour des couches minces de métaux (1) ou de carbone. Dans ce dernier cas, M. Perrot et R. Lavergne (2) ont montré que des lames de résistance comprise entre 1 et 50 mΩ présentaient le phénomène suivant : lorsque le champ électrique E croît, pour la première fois de 0 à E_1, on obtient une caractéristique courant-tension Γ_i (caractéristique irréversible). Si l'on ne dépasse pas E_1, pour une variation quelconque de E, le point figuratif décrit, de façon réversible, une caractéristique $\Gamma_r(E_1)$ (caractéristique réversible). Mais si $|E|$ dépasse E_1 et atteint $E_2 > E_1$, on prolonge Γ_i et, pour toute variation de E entre $-E_2$ et $+E_2$, on décrit une deuxième caractéristique réversible $\Gamma_r(E_2)$ distincte de $\Gamma_r(E_1)$, ... Nous avons repris et complété ces expériences sur le carbone en étudiant de plus faibles résistances (inférieures à 500000 Ω) et en utilisant

(1) *Ark. f. Math. Astr. Fys.*, 33 A, n° 21, 1947.

(1) A. Blanc-Lapierre et M. Perrot, *J. de Phys.*, 11, 1950, p. 563. On trouvera là une bibliographie détaillée.

(2) *Archives originales du C. N. R. S.*, n° 321, 1951.

des courants plus intenses. Le dispositif de mesure est analogue à celui déjà décrit ([1]). Les lames préparées, sous très faible tension, en faisant brûler du benzène pur cristallisable, du camphre ou de l'acétylène, ont été étudiées sous la pression atmosphérique en présence d'un desséchant. Les couches de carbone, déposées sur verre avaient la même forme et approximativement les mêmes dimensions superficielles que les films d'argent décrits dans ([1]). Les tensions appliquées ont varié de 0,1 à 40 V.

2. Soient V la tension, I le courant, R la résistance moyenne (V/I) et R_0 la valeur de R pour les plus petites tensions utilisées. La figure 1 donne les résultats pour une lame déterminée. Γ_i est représenté en trait discontinu et diverses

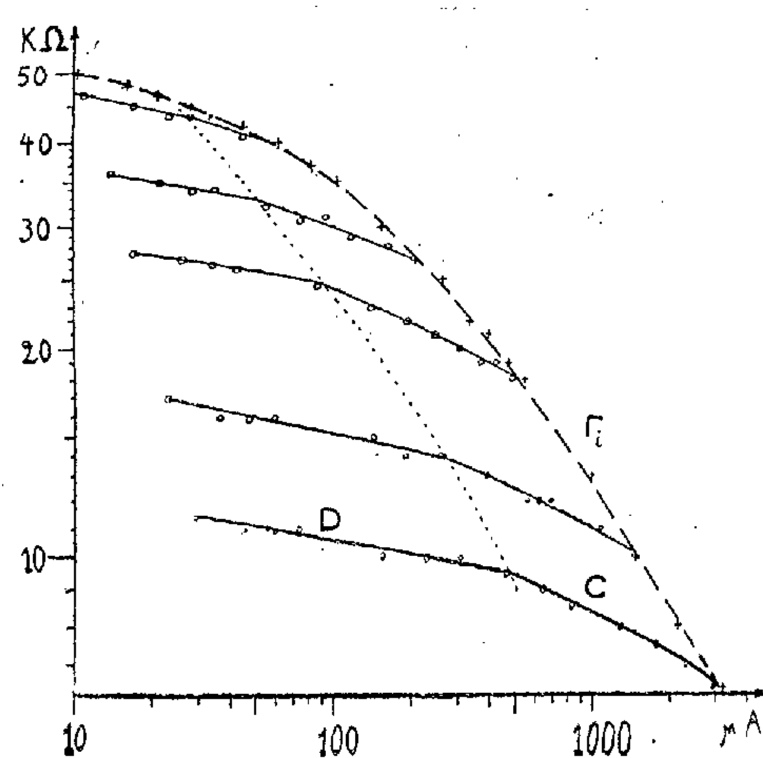


Fig. 1.

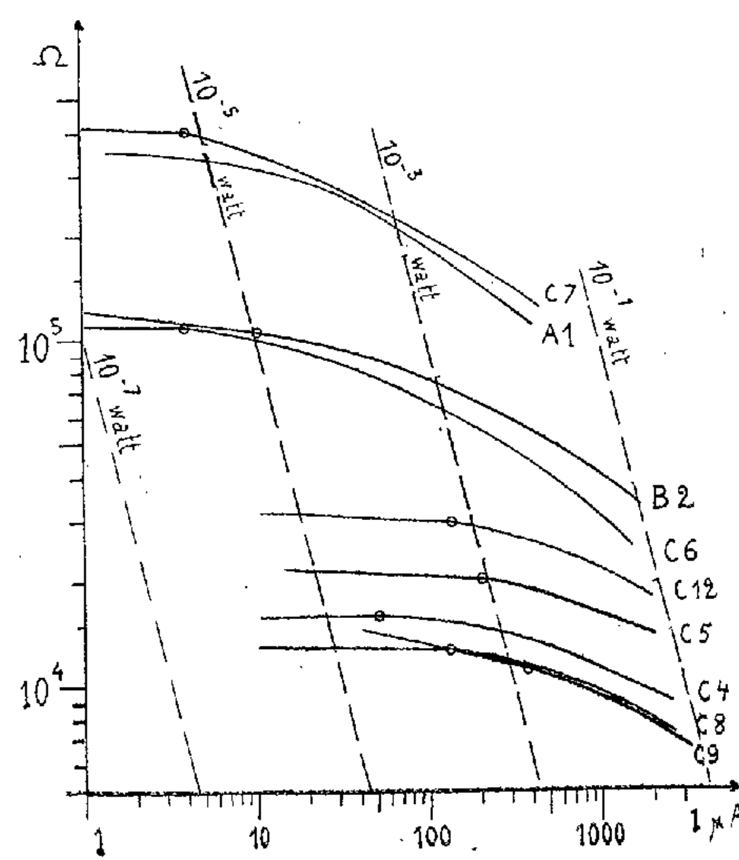


Fig. 2.

caractéristiques Γ_r en trait plein. Chaque courbe Γ_r présente un coude très prononcé séparant deux domaines C et D. Le lieu de ces coudes est la courbe en pointillé. On peut représenter avec une bonne précision l'ensemble des courbes par les formules d'interpolation suivantes :

a. domaine (C) des Γ_r :

$$\log R = \log A - a(I)\log I = \log A - n(\log I) - m(\log I)^2$$

soit $I = (V/A)^b$, avec $b = 1/(1-a)$;

b. domaine (D) des Γ_r :

$$\log R = \log B - a_0 \log I;$$

c. caractéristique Γ_i

$$\log R = \log A' - a'(I)\log I,$$

soit $I = (V/A')^{b'}$ avec $b' = 1/(1-a')$; où les constantes m, n, a_0 et les fonctions a (I) et a' (I) ne dépendent que de la lame ; a' (I) varie avec I mais reste

inférieur à 1; les constantes A, B, A′ varient d'une caractéristique à l'autre. (Le domaine D n'a pas été étudié pour les très faibles valeurs de I où, vraisemblablement, a_0 tend vers 1.) La figure 2 représente les caractéristiques Γ_r de neuf lames stabilisées sous 40 V. Le tableau donne a_0, m, n, R_0, et les valeurs de a, a', b, b' pour $I = 100\ \mu A$. Les expériences de A. Blanc-Lapierre et M. Perrot (argent) ont conduit, dans le domaine étudié, à $1,16 < b < 1,45$; celles de M. Perrot et R. Lavergne (carbone) donnaient, pour les lames qu'ils ont étudiées, $1,04 < b < 1,19$. Dans une prochaine Note nous donnerons les résultats de l'étude expérimentale du bruit de fond dû à l'effet de scintillation, pour les lames de carbone dont nous venons d'étudier la conductibilité.

Lame	C 7	A 1	B 2	C 6	C 12	C 5	C 4	C 9	C 8
R_0 (en KΩ)	400	360	120	100	32	23	16	15	13
a_0	0,03		0,055	0,02	0,02	0,03	0	0,07	0
a	0,305	0,32	0,225	0,255	0,165	0,2	0,08	0,145	0,095
a'	0,52	0,32		0,38	0,45	0,45	0,1	0,29	0,37
b	1,44	1,47	1,29	1,34	1,2	1,25	1,09	1,17	1,1
b'	2,02	1,47		1,61	1,82	1,82	1,11	1,41	1,59
m	0,095	0,16	0,125	0,135	0,04	0	0,175	0,055	0,175
n	0,69	0,96	0,76	0,8	0,33	0,2	0,78	0,37	0,8

Remarque. — La formule en $\log R = KV^{1/2}$ proposée par B. Vodar et N. Mostovetch ([3]) permet aussi, dans le domaine que nous avons étudié, une représentation correcte des parties C des Γ_r.

ÉLECTRONIQUE — *Augmentation du rendement de la cellule thermoionique à grande puissance par superposition d'un champ intense obtenu par une tension élevée de haute fréquence.* Note (*) de M. **Siegfried Klein**, présentée par M. Camille Gutton.

Nous avons indiqué dans une Note précédente ([1]) les résultats obtenus par un générateur d'ondes acoustiques comportant essentiellement une cellule thermoionique de grande puissance à atmosphère gazeuse (notamment à l'air libre) productrice d'ions positifs. De nouvelles recherches dans ce domaine nous ont amené à la réalisation d'un nouveau dispositif, qui nous a permis d'augmenter notablement le rendement pour des niveaux acoustiques beaucoup plus élevés. Ce résultat a été acquis en superposant

([3]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2008.

(*) Séance du 25 juin 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1282.

des effluves aux ions positifs issus de la source thermionique à l'aide d'une tension élevée de haute fréquence, produisant un champ intense.

Ce dispositif émetteur représenté par la figure 1 est constitué par une pointe de platine soudée à l'extrémité d'une électrode disposée dans l'axe d'un tube de quartz. La pointe de platine est légèrement en retrait par rapport à l'extrémité du tube, qui est recouvert d'une couche émettrice d'ions.

Cet enduit est obtenu par le mélange suivant :

Platine précipité	50 %
Phosphate d'aluminium	40 »
Graphite	5 »
Iridium précipité	5 »

L'électrode en platine et le tube constituant la partie essentielle de ce dispositif sont scellés à la partie inférieure d'un pavillon exponentiel également en quartz, qui comporte une paroi extérieure formant une

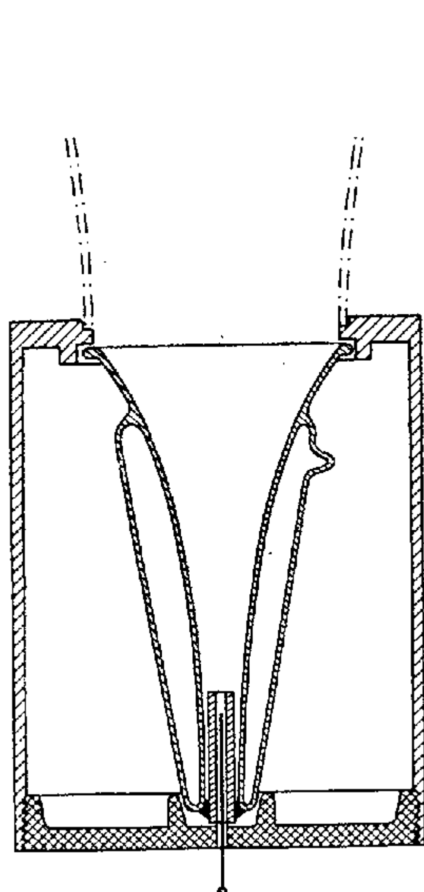


Fig. 1.

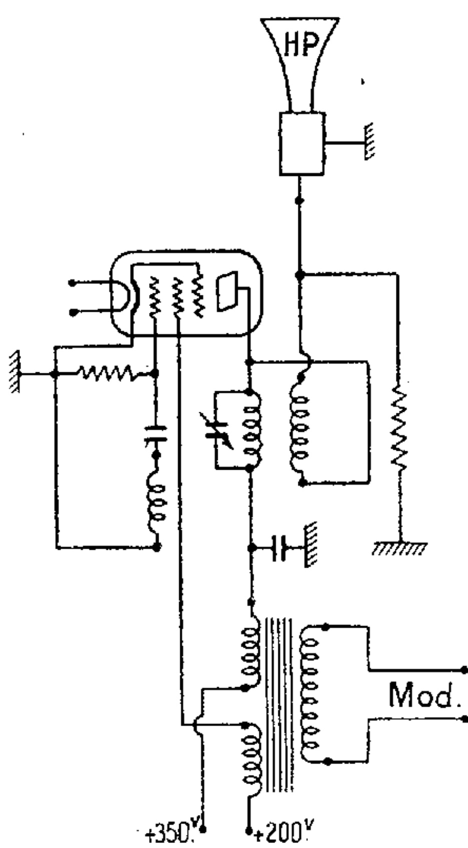


Fig. 2.

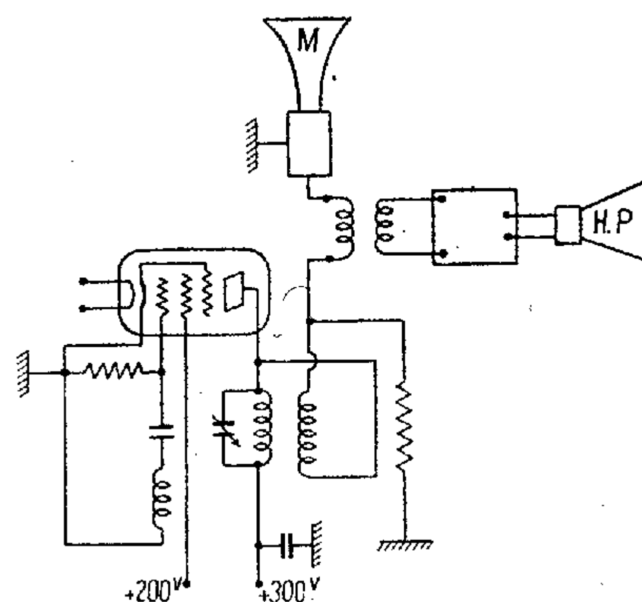


Fig. 3.

chambre à l'intérieur de laquelle un vide poussé règne. L'ensemble est placé à l'intérieur d'une électrode cylindrique dont le fond est en stéatite. Un grand pavillon exponentiel complète cet ensemble qui constitue un haut-parleur fonctionnant de la manière suivante :

Lorsque la pointe de platine est soumise à la tension élevée de haute fréquence obtenue par l'oscillateur dont le schéma est indiqué par la figure 2, il y a production d'effluves qui échauffent rapidement la couche

émettrice d'ions se trouvant à l'extrémité du tube de quartz. Ce dernier étant placé dans un champ de haute fréquence, il y a également échauffement par pertes diélectriques, du fait que l'électrode cylindrique est au potentiel zéro. Le champ électrostatique qui existe entre l'électrode cylindrique et la pointe de platine est intense. Il est nécessaire que les surfaces équipotentielles enveloppent symétriquement la pointe de platine, pour que l'intensité des effluves soit proportionnelle à la variation de potentiel appliqué. Ces variations de potentiel sont obtenues par le transformateur de modulation placé dans le circuit anodique de la lampe.

Il en résulte une transformation partielle de l'énergie cinétique des ions obtenus en énergie de même nature des molécules atmosphériques engendrant ainsi des ondes acoustiques dans l'air.

Utilisé comme émetteur ultrasonore, ce dispositif thermionique a l'avantage de couvrir une gamme de fréquence très étendue; pour faire varier celle-ci il suffit d'agir sur la fréquence de modulation.

Le phénomène étant réversible, la figure 3 montre le branchement du dispositif fonctionnant comme microphone.

Les effluves sont le siège d'une émission de lumière ultraviolette intense. Il y a donc lieu de signaler qu'on dispose à la sortie du petit pavillon exponentiel en quartz d'une source de rayons ultraviolets très concentrée et puissante, à laquelle on peut ajouter des ultrasons, ce qui pourrait être d'un certain intérêt en Biologie.

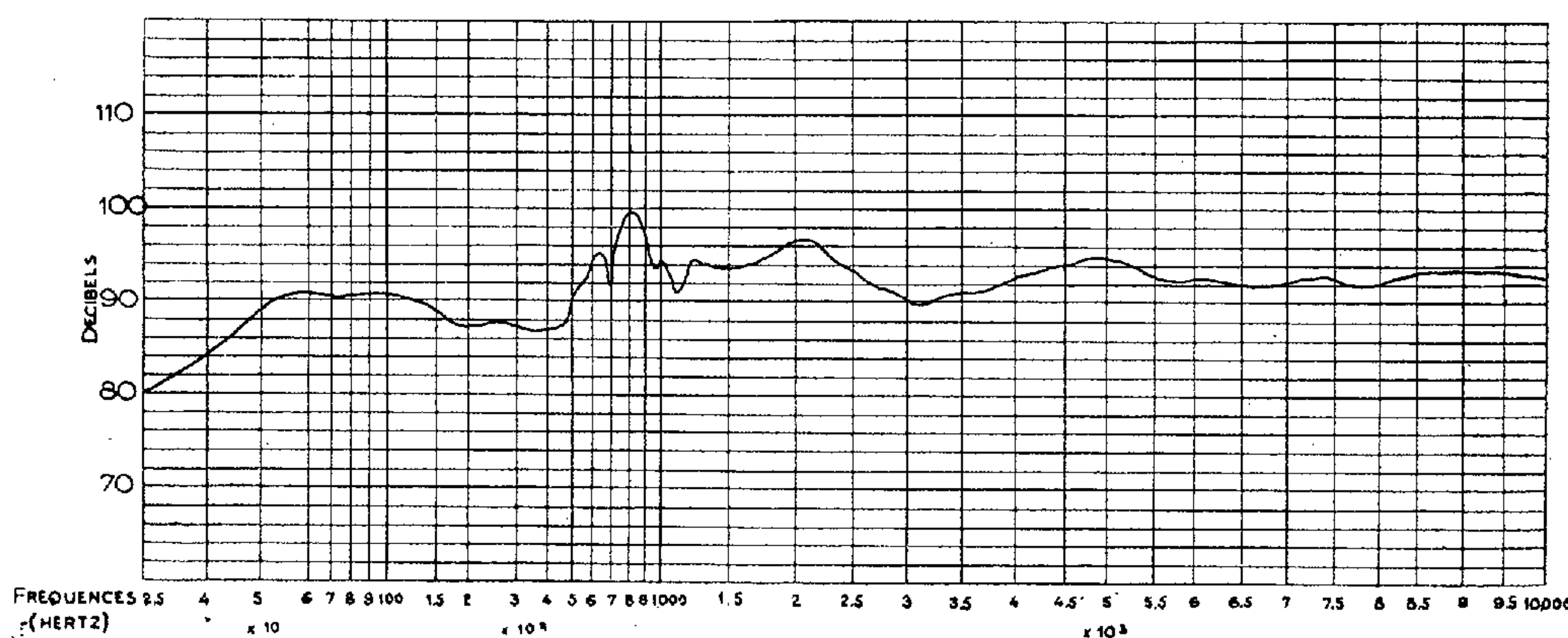


Fig. 4.

La figure 4 montre une courbe de réponse relevée dans une chambre sourde, avec le dispositif décrit et indique qu'il n'y a aucun affaiblissement pour les fréquences élevées.

L'avantage de ce dispositif est de n'avoir aucun organe vibrant susceptible d'entrer en résonance pour certaines fréquences audibles.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Formules nouvelles pour les aberrations du troisième ordre des lentilles magnétiques.* Note de M. **Peter Sturrock**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il est bien connu (1) qu'en posant $u = x + jy$ et en appliquant la transformation

$$u = v e^{j\chi}, \qquad \frac{d\chi}{dz} = \frac{1}{2}\left(\frac{\mathrm{H}}{p}\right),$$

l'équation des rayons paraxiaux dans une lentille magnétique de révolution quelconque peut s'écrire :

$$\frac{d^2 v}{dz^2} + \mathrm{T}v = 0, \tag{1}$$

avec $\mathrm{T} = (1/4)(\mathrm{H}/p)^2$, $\mathrm{H}(z)$ étant la valeur du champ sur l'axe et p la quantité de mouvement de l'électron en unités magnétiques,

L'équation est valable aussi bien en mécanique relativiste qu'à l'approximation newtonienne. La solution de l'équation (1) s'écrit

$$v(z) = v_0 g(z) + v_a h(z), \tag{2}$$

où v_0 et v_a sont les coordonnées réduites des points où le rayon considéré perce respectivement le plan de l'objet et celui du diaphragme : $z = z_0$, $z = z_a$; le rayon $h(z)$ est choisi de manière que dans le plan image $h_b = 0$; il en résulte que le grossissement G est $\mathrm{G} = g_b$ et que le wronskien k s'écrit

$$k = g'h - gh' = -h'_0 = g'_a = -g_b h'_b. \tag{3}$$

L'aberration du troisième ordre est alors donnée par

$$v_b^{(3)} = \mathrm{M}\overline{v}_0 v_0 v_a + 2\mathrm{N}\overline{v}_a v_a^2 + \mathrm{P}\left(\overline{v}_0 v_a^2 + 2\overline{v}_a v_0 v_a\right) + 2\mathrm{Q}\overline{v}_a v_0^2 \ldots + \mathrm{R}\overline{v}_0 v_0^2, \tag{4}$$

où M et N sont les coefficients réels de « courbure du champ » et « d'aberration sphérique » et P, Q et R sont les coefficients complexes du « coma » de l' « astigmatisme » et de la « distorsion ». Nous avons pu écrire le Lagrangien du quatrième ordre, qui correspond à ces aberrations et calculer explicitement les coefficients par des formules qui paraissent plus efficaces que celles données antérieurement par Glaser (2) ou Scherzer (3) pour l'évaluation numérique. En particulier, les fonctions $g'(z)$ et $h'(z)$ qui y interviennent peuvent être calculées par intégration suivant les formules

$$g'(z) = g'_0 - \int_{z_0}^{z} \mathrm{T}(z) g(z)\, dz, \qquad h'(z) = h'_0 - \int_{z_0}^{z} \mathrm{T}(z) h(z)\, dz, \tag{5}$$

ce qui est bien préférable à la dérivation qui les définit.

(1) L. de Broglie, *Optique électronique et corpusculaire*, Hermann, Paris, 1950, p. 102.

(2) *Beiträge zur Elektronenoptik*, Busch et Bruche Barth éd., Leipzig, 1937, p. 32.

(3) *Ibid*, p. 41.

Nous introduirons les coefficients :

(6)
$$\begin{cases} \mathcal{A} = -\frac{1}{8}, & \mathcal{D} = -\frac{1}{16}\left(\frac{H}{p}\right), \\ \mathcal{C} = -\frac{1}{16}\left(\frac{H}{p}\right)^2, & \mathcal{E} = \frac{1}{16}\left(\frac{H'}{p}\right), \end{cases}$$

dont on n'utilise que les valeurs prises dans les plans objet et image, et les fonctions

(7)
$$\begin{cases} A = \frac{1}{16}\left(\frac{H}{p}\right)^2, \\ B = -\frac{1}{64}\left\{3\left(\frac{H}{p}\right)^4 + 4\left(\frac{H'}{p}\right)^2\right\}, \\ C = -\frac{1}{8}\left(\frac{H}{p}\right), \\ D = -\frac{3}{32}\left(\frac{H}{p}\right)^3, \\ E = -\frac{3}{32}\left(\frac{H}{p}\right)^2, \end{cases}$$

qu'il faut connaître dans tout le domaine $z_0 < z < z_b$. Si l'on désigne par un astérisque les coefficients d'aberration ramenés au plan objet, c'est-à-dire divisés par le grossissement G, on obtient

$$M^* = -\left[4\mathcal{A}g'h'\right]_{z_0}^{z_b} + 4k^{-1}\int_{z_0}^{z_b} gh\{Ag'h' + Bgh\}\,dz + k\int_{z_0}^{z_b}(A + 2E)\,dz,$$

$$N^* = \quad k^{-1}\int_{z_0}^{z_b} h^2\{Ah'^2 + Bh^2\}\,dz,$$

$$P^* = -\left[\mathcal{A}h'^2\right]_{z_0}^{z_b} + 2k^{-1}\int_{z_0}^{z_b} gh\{Ah'^2 + Bh^2\}\,dz + \int_{z_0}^{z_b} Ahh'\,dz - i\int_{z_0}^{z_b}\{Ch'^2 + Dh^2\}\,dz,$$

$$Q^* = -\left[\mathcal{A}g'h' - i\mathcal{D}k\right]_{z_0}^{z_b}$$
$$+ k^{-1}\int_{z_0}^{z_b} gh\{Ag'h' + Bgh\}\,dz - \int_{z_0}^{z_b} E\,dz - i\int_{z_0}^{z_b}\{Cg'h' + Dgh\}\,dz,$$

$$R^* = -\left[3\mathcal{A}g'^2 + \mathcal{C}g^2 + 2i\mathcal{D}gg' + i\mathcal{E}g^2\right]_{z_0}^{z_b}$$
$$+ 2k^{-1}\int_{z_0}^{z_b} g^2\{Ag'h' + Bgh\}\,dz + \int_{z_0}^{z_b} Agg'\,dz - i\int_{z_0}^{z_b}\{Cg'^2 + Dg^2\}\,dz.$$

Il est souvent commode d'exprimer ces coefficients en fonction de la seule fonction $T(z)$; on obtient

(9) $$\mathcal{A} = -\frac{1}{8}, \qquad \mathcal{C} = -\frac{1}{4}T, \qquad \mathcal{D} = -\frac{1}{8}T^{\frac{1}{2}}, \qquad \mathcal{E} = \frac{1}{16}T^{-\frac{1}{2}}T';$$

(10) $$A = \frac{1}{4}T, \quad B = -\frac{3}{4}T^2 - \frac{1}{16}T^{-1}T'^2, \quad C = -\frac{1}{4}T^{\frac{1}{2}}, \quad D = -\frac{3}{4}T^{\frac{3}{2}}, \quad E = -\frac{3}{8}T.$$

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Méthode d'induction pour l'étude de la topographie du champ sur l'axe d'une lentille électronique magnétique de grande puissance.* Note de MM. **Charles Fert** et **Pierre Gautier**, présentée par M. Gaston Dupouy.

L'une des extrémités d'une longue bobine dont l'axe coïncide avec celui de la lentille, est placée au point où règne l'induction à mesurer, l'autre extrémité étant dans une région de champ nul. La bobine peut être animée d'un mouvement sinusoïdal parallèle à son axe, de fréquence convenable. La mesure de la force électromotrice induite permet de déterminer l'induction et sa dérivée sur l'axe.

Principe. — 1° Un solénoïde AA′ (*fig.* 1) est porté par une tige qui peut être animée d'un mouvement sinusoïdal longitudinal. La tige est introduite dans l'entrefer d'une lentille magnétique, de manière que son axe coïncide avec celui de la lentille.

Le terme fondamental de la f. é. m. induite, $e_1 = E_1 \sin 2\pi f t$, a pour amplitude :

$$E_1 = 2\pi f n S . a B . 10^{-8} \quad V,$$

f, fréquence en périodes par seconde; n, nombre de spires par centimètre; S, surface d'une spire en centimètres carrés; a, amplitude du mouvement en centimètres; B, induction (en gauss) à l'extrémité A de la bobine, l'induction étant supposée nulle à l'extrémité A′. E_1 est proportionnel à l'induction en A. Il suffit de déplacer la bobine suivant son axe pour explorer le champ.

Le deuxième terme, de fréquence double $e_2 = E_2 \cos 4\pi f t$, a une amplitude :

$$E_2 = 2\pi f n S \frac{a^2}{2} \frac{dB}{dz} 10^{-8} = \frac{a}{2} \frac{B'}{B} E_1 \quad V;$$

E_2 est petit devant E_1, si a est assez faible; il peut alors être négligé.

2° Pour connaître B, il faut déterminer n, S, f et a. On peut éviter les mesures les plus délicates, celles de f et a, par le procédé suivant : la bobine, immobile, est disposée de manière que ses extrémités soient de part et d'autre de l'entrefer, dans des régions de champ nul. La variation du flux d'induction à travers ses spires, par inversion du courant dans la lentille, a pour valeur :

$$\Delta\Phi = 2 n S \int_{-\infty}^{+\infty} B \, dz.$$

Elle peut être comparée, au moyen d'un galvanomètre balistique, à celle obtenue avec une inductance mutuelle étalon disposée dans le même circuit. On en déduit la valeur du produit $f . a$ si l'on mesure l'aire comprise entre la courbe $E_1(z)$, construite à une échelle convenable, et l'axe des z.

Réalisation. — La bobine AA′ comprend 1150 spires de 1 mm de rayon. Elle a 3,5 cm de longueur (¹). Sa réalisation ne présente aucune difficulté.

La tige qui la porte est fixée normalement au centre de la membrane d'un haut parleur électrodynamique (²). Les vibrations sont entretenues par un générateur électronique de fréquence et de puissance réglables et convenablement stabilisées.

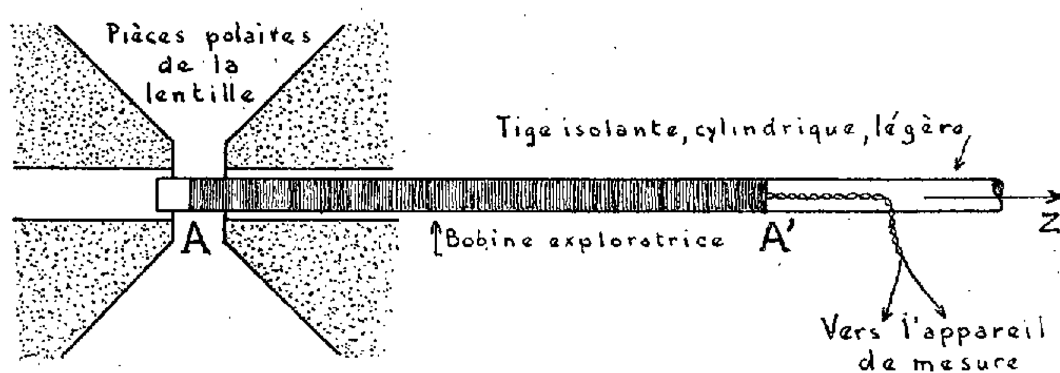


Fig. 1.

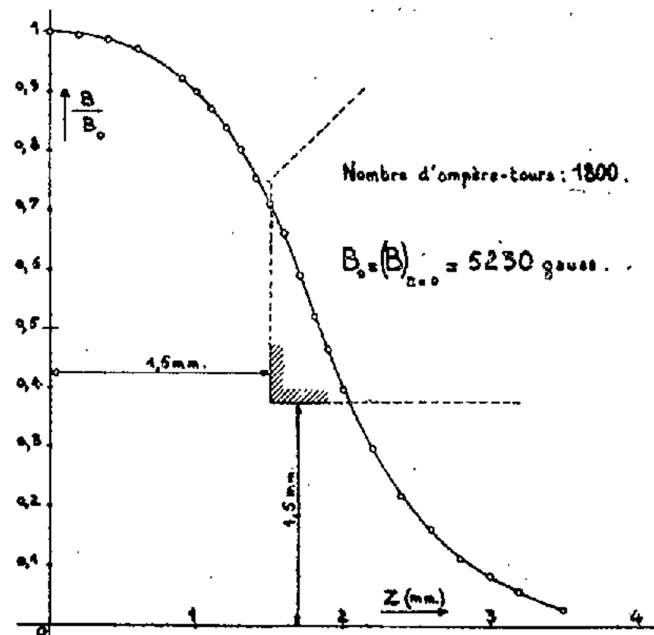


Fig. 2.

Sensibilité. — Le voltmètre électronique que nous utilisons actuellement permet d'apprécier 1/20 mV. Cette f. é. m. correspond à une induction de 75 gauss si $f = 1000$ p:s et $a = 0,001$ cm. Cette sensibilité, déjà suffisante pour explorer la région la plus importante des lentilles magnétiques puissantes, peut être améliorée.

Avec $a = 0,001$ cm, $E_2/E_1 = 0,5 . 10^{-3}(B'/B)$. Pour $B = 10\,000$ gauss, et un gradient de champ déjà très élevé dans une lentille magnétique, $B' = 100\,000$ gauss:cm, $E_2 = 0,005\,E_1$: le terme E_2 est donc assez faible pour être généralement négligeable (³).

Exemple de mesure. — La figure 2 représente, déterminée par cette méthode, la répartition du champ sur l'axe d'une lentille symétrique qui nous a servi aux essais. (⁴). Les conclusions de l'étude ci-dessus sont parfaitement vérifiées par l'expérience.

Remarques. — 1° La méthode que nous venons de décrire se prête à l'enregistrement direct de la topographie du champ sur l'axe d'une lentille. La durée de la mesure en est réduite.

(¹) Le champ d'une lentille magnétique puissante ne s'étend que sur quelques millimètres : la longueur choisie est suffisante pour que l'induction soit nulle en A′.

(²) D'autres dispositifs sont également envisagés pour entretenir les vibrations.

(³) Remarquons que, si cela est nécessaire, l'emploi d'un amplificateur sélectif, accordé sur la fréquence f, permet d'éliminer le terme E_2.

(⁴) La lentille étant symétrique, seule la moitié de la courbe est représentée. On a précisé, à l'échelle des abscisses, les dimensions des pièces polaires.

2° Nous nous proposons également d'utiliser la méthode pour une détermination directe de la dérivée B′ du champ sur l'axe. Ceci est possible de deux manières différentes :

a. En mesurant E_2. On peut utiliser pour cela un millivoltmètre accordé sur la fréquence $2f$, et choisir, pour que la sensibilité soit suffisante, une amplitude de vibration supérieure à celle qui a servi pour la mesure de B.

b. En substituant une microbobine, très courte, à la bobine longue, afin que le terme principal de la f. é. m. induite soit proportionnel à B′.

La mesure directe de B′ fera connaître cette grandeur avec plus de précision que les méthodes de dérivation graphique à partir des courbes de champ.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Nouvelle preuve de la création de gerbes nucléaires par des particules instables*. Note (*) de Mme **Alice Daudin** et M. **Jean Daudin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons décrit ([1]) un dispositif de compteurs noyés dans du plomb avec lequel nous venons, durant sept mois de fonctionnement continu, d'enregistrer environ 400 000 bursts d'origine nucléaire au Pic du Midi (2860 m).

Partant des moyennes journalières de la fréquence de ces bursts, de la pression et de la température, nous avons étudié la corrélation entre ces trois grandeurs. A titre d'épreuve, nous enregistrions 40 mn par jour, un nombre égal de mésons ordinaires avec le même dispositif, en remplaçant un des compteurs noyés par 3 compteurs en parallèle alignés sur les autres. Nous avons également étudié la corrélation déjà connue entre les mésons, la pression et la température. Les enregistrements ont été partagés en trois périodes.

On voit dans le tableau I :

a. que la corrélation pression, température (journalières) est anormalement élevée au Pic du Midi, ce qui diminue la précision des calculs;

b. que l'effet barométrique des mésons est correct de l'ordre de —3 % par centimètre de mercure et que l'effet de température est identique à celui obtenu par Hess (0,093 % par degré centigrade) au Hafelekar en Autriche à 2300 m sous un climat et à une altitude voisins ([2]). Ceci joint à la fluctuation statistique normale du flux des mésons garantit la bonne marche des appareils.

c. l'effet barométrique des bursts tombe de —11 à —8,7 % par centimètre Hg équivalent à un libre parcours d'absorption d'environ 156 g : cm² d'air, compte non tenu de la transformation de Grosz;

(*) Séance du 25 juin 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1197.

([2]) *Hess. Rev. Mod. Phys.*, **11**, 1939, p. 155.

d. un effet de température considérable de — 6 ‰ *par degré centigrade apparaît.*

Ces effets barométrique et de températures sont sensiblement moitié de ceux indiqués par Broxon ([3]) pour les petites bursts (chambre d'ionisation), mais ses résultats portent sur 10 bursts à l'heure et les nôtres sur 85.

Période.	Nombre de jours.	Corrélation température pression.	Bursts Nombre.	Bursts Ef. bar. par cm : hg (%).	Bursts Ef. temp. par °C (%).	Mesons Ef. bar. (%).	Mesons Ef. temp. (%).
1er novembre 1950 au 31 janvier 1951...	87	+0,81	155 000	−8,1	−0,79	−2,4	−0,095
1er février 1951 au 26 avril 1951...	83	+0,67	150 000	−9,1	−0,41	−2,6	−0,107
26 avril 1951 au 5 juin 1951.....	41	+0,81	80 000	−8,7	−0,56	−4,1	−0,054

Interprétation. — Les effets de température interprétés selon les vues de Blackett comme dus aux variations de densité de l'air, résultent de la concurrence entre une absorption massique dans la matière et une désintégration spontanée des corpuscules.

Les mésons π présentent une interaction nucléaire semblable à celle des nucléons; ils se désintègrent également avec une durée de vie de l'ordre de $2,5.10^{-8}$ sec durant laquelle s'ils ont une énergie de 2.10^{10} eV, ils peuvent parcourir environ 1500 m d'air à 3000 m, c'est-à-dire un trajet égal au libre parcours d'absorption nucléaire.

Dans ces conditions il est normal que l'absorption de ces bursts dans l'atmosphère se chiffre par un facteur 6 entre 2860 et 550 m plus rapide que ne l'indiquerait le seul effet barométrique (facteur 4,5).

Cet effet de température est une nouvelle preuve de l'interaction nucléaire de mésons instables comme le méson π. Sa valeur élevée prouve que la température locale a plus d'effet que pour les mésons μ parce que les mésons π sont créés en cascades nucléaires non seulement dans la haute atmosphère mais dans les couches voisines des appareils.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relations entre les températures de fusion et les températures d'ébullition des éléments.* Note (*) de M. **Alain Berton**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Si l'on examine, comme l'a fait, par exemple, Fischer ([1]), les températures de fusion et les températures d'ébullition des éléments en fonction de leur

([3]) *Phys. Rev.*, 80, 1950 p. 1351.

(*) Séance du 2 juillet 1951.

([1]) *J. prakt. Chem.*, 158, 1941, p. 200.

poids atomique, on s'aperçoit qu'elles varient périodiquement selon des courbes dont le parallélisme est frappant.

Pour mettre mieux en évidence la relation qui doit exister entre ces deux constantes, nous avons songé à porter sur un graphique les températures d'ébullition en fonction des températures de fusion correspondantes (2). Nous nous sommes ainsi rendu compte que, pour certaines familles d'éléments, comme les gaz rares, les halogènes, les métaux alcalins, les métalloïdes, etc. la relation cherchée se rapproche de la forme linéaire.

En cherchant dans les publications scientifiques, nous avons trouvé que la relation de proportionnalité avait déjà été indiquée en 1916 par Herz (3), puis reprise par Mott en 1918 (4) et par Herz et Lorenz en 1922 (5). Mais, comme l'a révélé notre disposition en graphique, cette relation n'est pas de proportionnalité simple. Elle suit des lois linéaires à binôme dont nous donnons plus loin les équations.

La classification des éléments à laquelle on est ainsi conduit ne peut être détaillée ici dans ses différentes particularités.

Nous devons faire noter néanmoins le parallélisme de la disposition des halogènes (Cl, Br, I), sur leur ligne propre, avec celle des gaz rares (A, Kr, Xé), ce qui concorde avec la relation de proportionnalité découverte par Durand (6) entre les points de fusion et les points d'ébullition de ces mêmes gaz rares.

Nous avons trouvé que cette proportionnalité se vérifiait également pour les deux séries : Cl, P, S, Se, d'une part, et Hg, Cd, Zn et Mg d'autre part. A noter que cette dernière série, constituée d'éléments de transition, correspond exactement à celle de la colonne II du tableau périodique de Mendeléeff. Le tellure, d'une part, et le radium, de l'autre, ne semblent pas suivre cette loi.

Les métaux alcalino-terreux ne se disposent pas suivant une ligne bien définie. Il est vrai que leurs points d'ébullition sont assez mal connus. Se disposeraient-ils suivant une ligne sensiblement parallèle à celle des alcalins comme l'indiquerait une relation que nous avons établie entre les points de fusion des alcalins et ceux de ces mêmes alcalino-terreux ? Il faudrait joindre à cette ligne le magnésium et le glucinium.

Pour les éléments dont les points d'ébullition sont élevés et, par conséquent connus avec assez peu de précision, on ne peut tirer aucune conclusion ferme.

---

(2) Les valeurs des températures de fusion et des températures d'ébullition ont été prises parmi celles des plus récentes estimations, en utilisant les tables qui ont été dressées par M. Marc Foëx et par moi-même pour le *Livre des Hautes Températures* publié sous la direction de M. Paul Lebeau et de M. Félix Trombe.

(3) *Z. anorg. Chem.*, **94**, 1916, p. 1.

(4) *Trans. Amer. Electrochem. Soc.*, **34**, 1918, p. 255.

(5) *Z. anorg. Chem.*, **117**, 1921, p. 103 ; **122**, 1922, p. 351.

(6) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 3, 1936, p. 1382.

Néanmoins les valeurs expérimentales des températures de fusion et d'ébullition, trouvées dans la bibliographie, semblent concorder avec la loi linéaire.

En tout cas, pour les autres éléments, les équations données ci-dessous, se vérifient avec une précision de l'ordre de 1 à 2 % en moyenne.

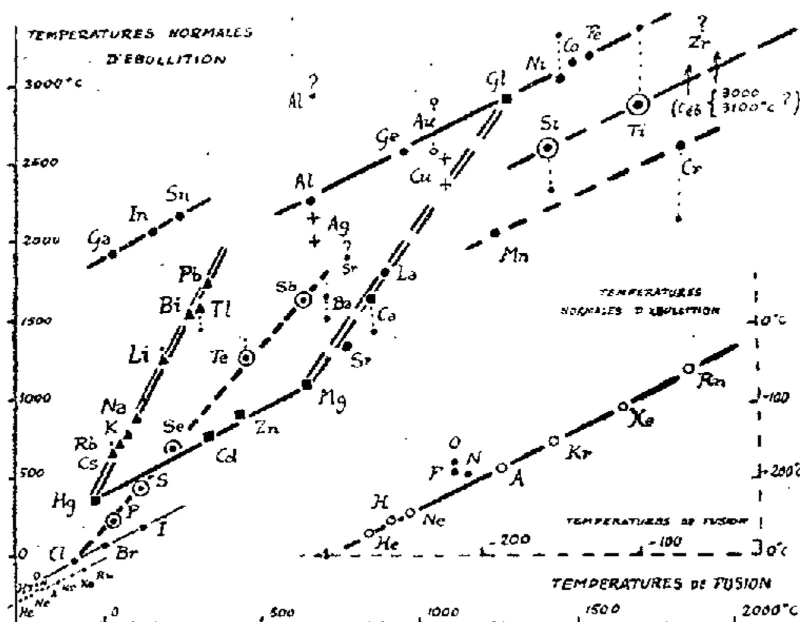


Fig. 1.

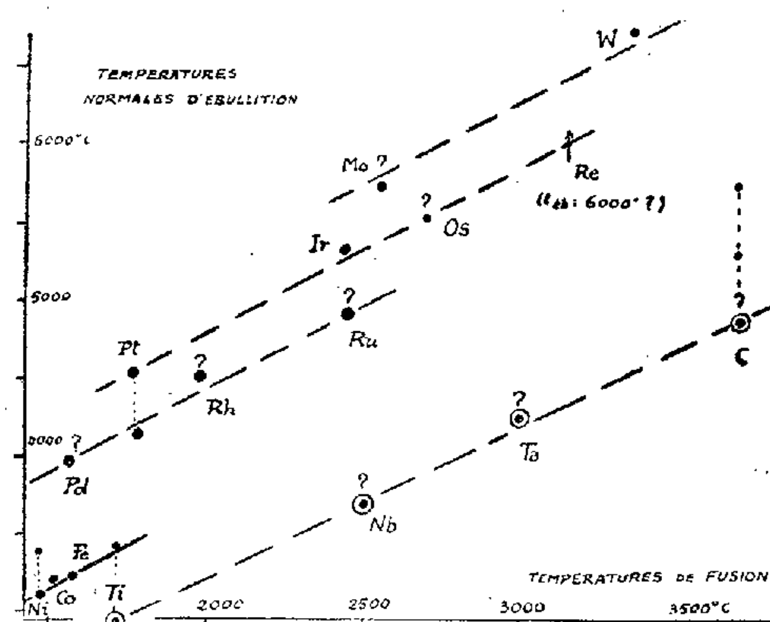


Fig. 2.

Équations des droites du graphique.

Gaz rares.	Halogènes.
$T_e = T_f + 3{,}4\,^{\circ}K \pm 0{,}5\,\%$ (néon : $+3\,\%$)	$T_e = T_f + 65\,^{\circ}K \pm 1\,\%$
Hg, Cd, Zn, Mg.	Mn, Cr (?).
$T_e = 1{,}08\,T_f + 400\,^{\circ}K \pm 1{,}7\,\%$	$T_e = T_f + 840\,^{\circ}K$ (?)
Si, Ti, Zr?, Nb?, Ta?, C?.	Ag, Cu, Au (?).
$T_e = T_f + 1\,200\,^{\circ}K$ (?)	$T_e = T_f + 1\,500\,^{\circ}K$ (?)
Ni, Co, Fe.	Ga, In, Sn.
$T_e = T_f + 1\,650\,^{\circ}K$ (?)	$T_e = T_f + 1\,960\,^{\circ}K \pm 1\,\%$
Pd, Rh, Ru (?).	Pt, Ir, Os (?).
$T_e = T_f + 2\,470\,^{\circ}K$ (?)	$T_e = T_f + 2\,800\,^{\circ}K$ (?)
Mo, W (?).	Cl, P, S, Se, Te, Sb.
$T_e = T_f + 3\,200\,^{\circ}K$ (?)	$T_e = 2{,}3\,T_f - 175\,^{\circ}K \pm 1{,}5\,\%$
Alcalins et Bi, Tl, Pb.	Alcalino-terreux (?).
$T_e = 4\,T_f - 330\,^{\circ}K \pm 4\,\%$	$T_e = 3\,T_f - 1\,450\,^{\circ}K$ (?)

De l'ensemble de ces équations, on peut conclure que dans un même groupe d'éléments, les températures d'ébullition diffèrent des températures de fusion d'une valeur sensiblement constante, à un facteur de proportionnalité près pour quatre groupes. En outre, il est remarquable que la plupart des séries d'éléments, en dehors des alcalins (pente 76°), des alcalino-terreux (72°) et des métalloïdes (66°), se disposent suivant des droites sensiblement parallèles entre elles et possédant une pente de 45°. (Les ordonnées des graphiques ayant été réduites, ici, de moitié pour des raisons de commodité, les valeurs précédentes des pentes des droites doivent être divisées par 2 suivant leur tangente.)

Ajoutons enfin qu'on observe également des régularités intéressantes en disposant les températures d'ébullition des composés chimiques en fonction des températures de fusion correspondantes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un type nouveau d'appareil à rectification.* Note (*) de M. **Antoine-Pierre Rollet**, présentée par M. Louis Hackspill.

Principe : Le liquide refluant est porté à l'ébullition tandis que la vapeur montante est refroidie.

Caractéristiques de la colonne réalisée : Grande efficacité, faible encombrement en hauteur.

J'ai montré, dans une Note antérieure (¹), qu'il est possible de donner un nouveau principe de base au fonctionnement d'une colonne de rectification. On peut améliorer les échanges entre phases en chauffant le liquide et refroidissant la vapeur au lieu d'envisager le perfectionnement du contact vapeur montante-liquide refluant. Cela conduit à une colonne faiblement inclinée sur l'horizontale. La partie inférieure que parcourt le liquide refluant est chauffée, la partie où chemine la vapeur est refroidie.

J'ai étudié plusieurs modèles basés sur ce principe. Si le liquide refluant bout très fort, l'efficacité de la colonne en est d'autant plus grande. On règle la réfrigération en fonction du chauffage pour laisser sortir une quantité suffisante de vapeur; un compte-gouttes permet de contrôler l'importance du reflux en tête de colonne.

Mais une difficulté intervient : le liquide refluant est presque toujours surchauffé. Il bout irrégulièrement. Souvent le filet de liquide est momentanément coupé, ce qui crée des à-coups dans le fonctionnement de la colonne et peut conduire à l'engorgement.

J'ai cherché à régulariser l'ébullition dans la colonne en utilisant un lit de poudre de verre collé au chalumeau sur la partie inférieure du tube. Cette surface de verre fritté constitue la paroi chauffante au contact du liquide.

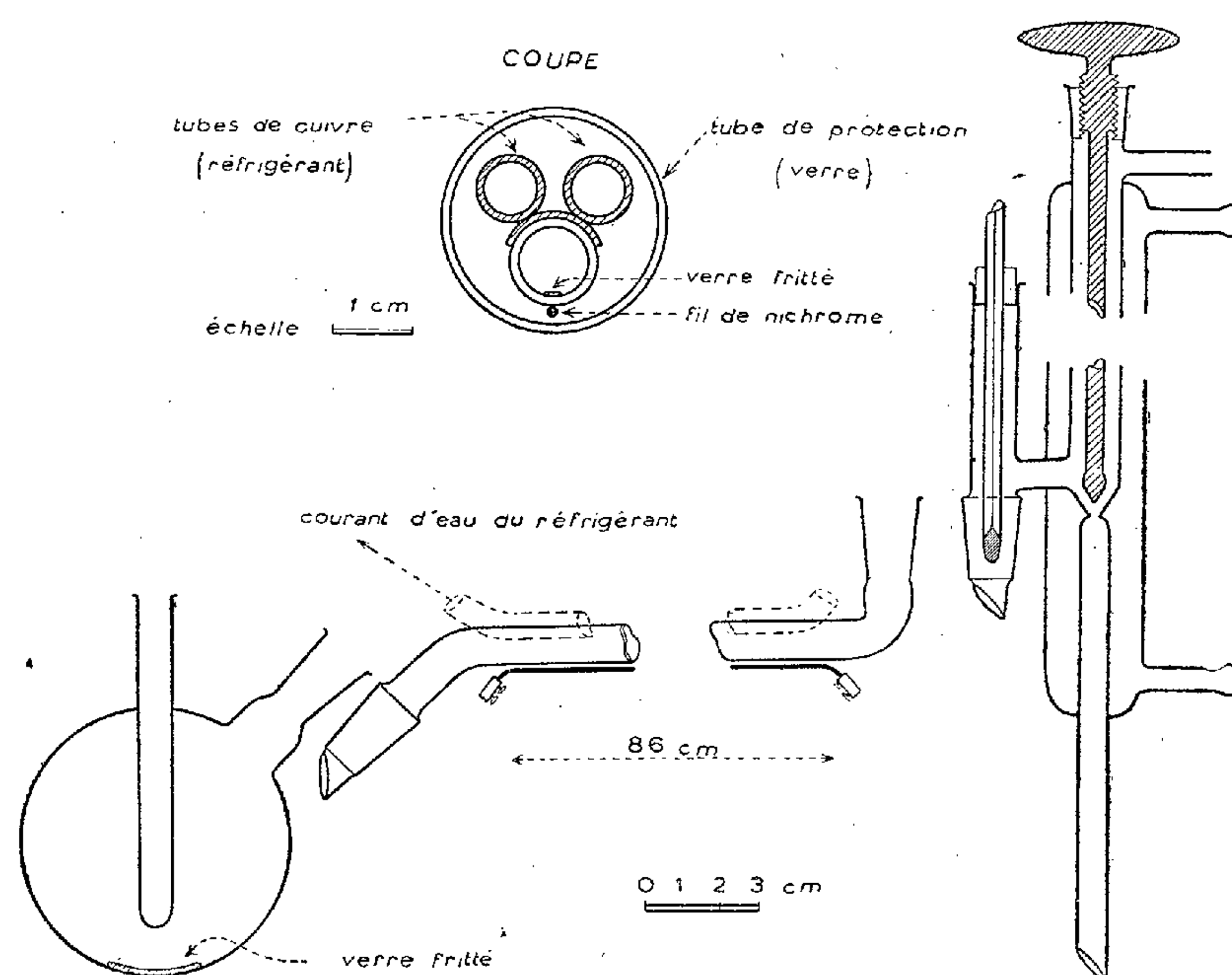
L'ébullition est alors très régulière. Un modèle a été construit représenté sur la figure. C'est essentiellement un tube de verre pyrex (diamètre intérieur 0,8 cm, longueur 86 cm) incliné à 4,3 % sur l'horizontale et chauffé électriquement à sa partie inférieure. Deux tubes de cuivre accolés sur la partie supérieure et traversés par un courant d'eau servent de réfrigérant. Quelques accessoires assurent une manipulation aisée de l'appareil. Un réfrigérant à reflux comporte, à sa base, un rodage à l'extrémité d'une baguette de verre qu'une vis de laiton permet de soulever plus ou moins. On peut

(*) Séance du 25 juin 1951.

(¹) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 588.

ainsi boucher la tubulure assurant la sortie du distillat (cas du reflux total), ou bien régler à volonté la vitesse d'écoulement (vitesse de distillation).

Le mélange de référence utilisé a été : benzène et dichloréthane-1.2. On a facilement, selon l'intensité du flux de vapeur à l'entrée de la colonne, une efficacité correspondant à 18 ou 22 plateaux théoriques (cas du reflux total). La retenance (holdup) est voisine de 3 cm³.



Un tel appareil permet de distiller à une vitesse de 5 à 20 cm³ : h, le reflux en pied de colonne pouvant varier de 100 à 250 cm³ : h.

Si l'on rapporte l'efficacité de la colonne à la longueur du tube on a l'équivalent d'un plateau théorique pour 40 mm de longueur. Mais si l'on ramène à la hauteur de la colonne, comme on fait avec les types courants d'appareils où il n'est pas tenu compte du parcours réel de la vapeur, souvent 4 à 10 fois supérieur à la hauteur de la colonne, on voit que dans le sens vertical (²) la hauteur équivalente à un plateau théorique est de l'ordre de 2 mm.

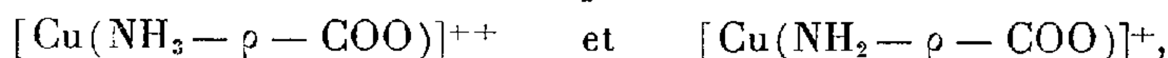
Les appareils à rectification récents de débit analogue ont une hauteur de plus de 10 mm par plateau théorique. Une colonne particulièrement efficace, celle de Podbielniak (grille hélicoïdale) (³), donne environ 12 mm.

(²) Hauteur de la colonne sans ses accessoires : 45 mm.

(³) MITCHEL et O'GORMAN, *Ind. Eng. Chem. Anal.*, 20, 1948, p. 315.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur deux complexes de la l-leucine et leurs constantes d'équilibre.* Note (*) de M. **Pierre Bretton**, présentée par M. Louis Hackspill.

Etude électrométrique et spectrophotométrique, par la méthode des variations continues, des mélanges SO_4Cu, *l*-leucine à force ionique constante, de pH 3 à pH 5,60. Mise en évidence de deux complexes



$$[Cu(NH_3 - \rho - COO)]^{++} \quad \text{et} \quad [Cu(NH_2 - \rho - COO)]^{+},$$

dont les constantes d'équilibre à force ionique $\mu = 3$ sont respectivement

$$pK'_1 = 2,759 \quad \text{et} \quad pK'_2 = -2,707.$$

Dans un travail antérieur [1], nous avons montré que de pH 3 à pH 5,60, la *l*-leucine et l'ion Cu^{++} se combinent pour donner un complexe CuR tel que



$$Cu^{++} + R^{\pm} = CuR + rH^{+}. \tag{1}$$

A force ionique et pH constants, ( ) représentant les concentrations, et [ ] les activités, on a

$$\frac{(Cu^{++})(R^{\pm})}{(CuR)} = k'' = k'[H^{+}]^{r}. \tag{2}$$

Les mesures électrométriques, qui nous donnent (Cu^{++}), $(R^{\pm})$ et (CuR) permettent de calculer k''. On constate que pk'' varie régulièrement avec le pH et passe de 2,80 à pH 4,50, à 2,89 à pH 5,00 et 3,13 à pH 5,60.

Si l'on calcule r en éliminant pk', d'après (2), pour deux valeurs du pH, on trouve $r = 0,2$ pour le couple pH 4,50 et 5,00, et $r = 0,4$ pour le couple pH 5,00 et 5,60. Si r varie avec le pH, on est conduit à penser que ce n'est pas un seul, mais deux complexes, contenant tous les deux un atome de cuivre et un groupement *l*-leucine, qui sont en présence dans les solutions, et que l'un des deux a une constante d'équilibre qui dépend du pH. Nous avons fait l'hypothèse suivante : l'équilibre (I) serait en réalité la superposition de deux équilibres.



$$Cu^{++} + R^{\pm} = CuR^{++}, \qquad Cu^{++} + R^{\pm} = CuR^{+} + H^{+},$$

avec

$$\frac{(Cu^{++})(R^{\pm})}{(CuR^{++})} = K'_1 \tag{3}$$

et

$$\frac{(Cu^{++})(R^{\pm})}{(CuR^{+})[H^{+}]} = K'_2. \tag{4}$$

(*) Séance du 25 juin 1951.

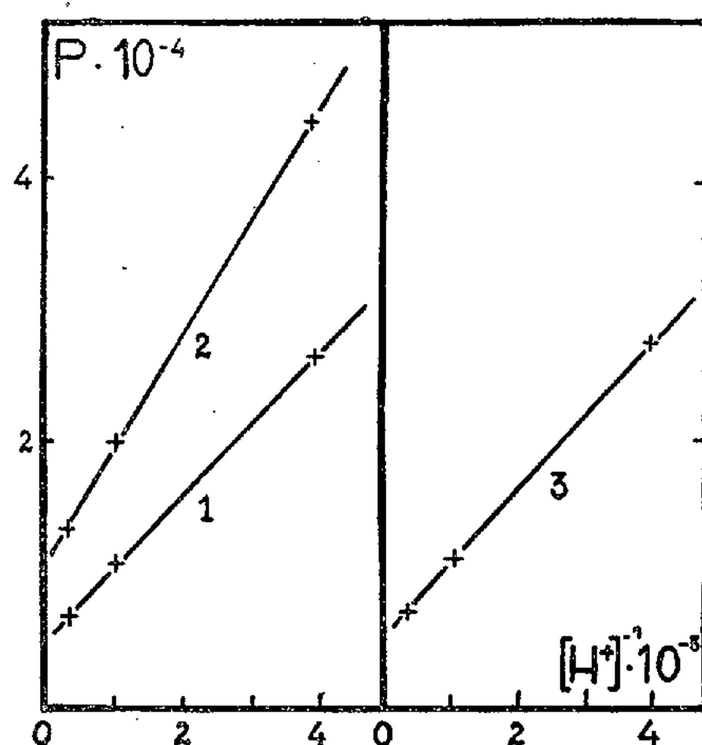
(1) Mlle M. Quintin et P. Bretton, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1210, et **232**, 1951, p. 2433.

Mais $(CuR) = (CuR^{++}) + (CuR^{+})$, ce qui donne, en remplaçant (CuR), (CuR^{++}), (CuR^{+}) par leur valeur tirée de (2), (3), (4), et k' par sa valeur tirée de (2) :

$$\frac{1}{k''} = \frac{1}{K'_1} + \frac{1}{K'_2[H^+]}. \tag{5}$$

Si nous remplaçons, dans cette relation, les valeurs respectives de k'' et $[H^+]$ données par deux séries d'expériences (à pH 4,50 et 5,60 par exemple), nous obtenons $pK'_1 = 2,759$ et $pK'_2 = -2,707$.

Si l'hypothèse proposée est exacte, on doit retrouver, en portant les valeurs de K'_1 et K'_2 dans (5), le pk'' correspondant au pH intermédiaire 5,00. Or, le calcul donne $pk'' = 2,886$ au lieu de 2,89, valeur expérimentale. Ce résultat confirme de manière très satisfaisante l'hypothèse émise.



De plus, une autre vérification est possible par les mesures spectrophotométriques. Si ε_0, ε_1, ε_2 sont les coefficients d'extinction moléculaire de Cu^{++} et des deux complexes colorés CuR^{++} et CuR^{+}, la différence entre la densité optique Δ de la solution et celle Δ_0 d'une solution de même concentration initiale en Cu^{++} mais ne contenant pas de *l*-leucine est

$$\Delta - \Delta_0 = (\varepsilon_1 - \varepsilon_0)(CuR^{++}) + (\varepsilon_2 - \varepsilon_0)(CuR^{+}).$$

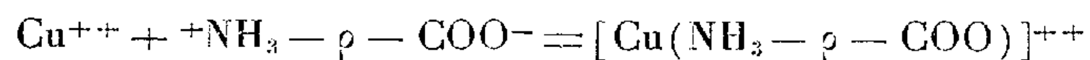
D'où

$$P = \frac{\Delta - \Delta_0}{(Cu^{++})(R^{\pm})} = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_0}{K'_1} + \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_0}{K'_2[H^+]}.$$

Si l'on trace, pour des solutions de même force ionique, et pour une même longueur d'onde, la courbe $P = \varphi(1/[H^+])$, on doit obtenir une droite. Là encore, l'hypothèse est très bien vérifiée comme le montre la figure.

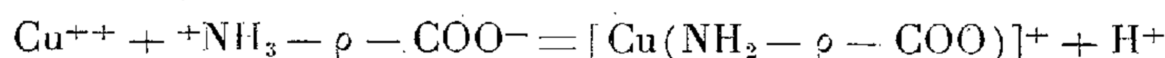
1, $\lambda = 6000$ Å. 2, $\lambda = 7000$ Å. 3, $\lambda = 8000$ Å.

Cette étude montre donc que dans la zone de pH allant de 3 à 5,60, il se forme dans les solutions SO_4Cu, *l*-leucine, deux complexes suivant les équilibres



$$Cu^{++} + {}^{+}NH_3 - \rho - COO^{-} \rightleftharpoons [Cu(NH_3 - \rho - COO)]^{++}$$

et



$$Cu^{++} + {}^{+}NH_3 - \rho - COO^{-} \rightleftharpoons [Cu(NH_2 - \rho - COO)]^{+} + H^{+}$$

dont les constantes d'équilibre à force ionique constante ($\mu = 3$) sont : $pK'_1 = 2,759$ et $pK'_2 = -2,707$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Essai d'interprétation des courbes d'absorption diélectrique* ε'', *dans le domaine des ondes kilométriques, de l'eau adsorbée. I. Relations et données numériques.* Note de M. **Georges Carpéni**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les courbes $\varepsilon''(T)$ présentent deux bandes, dont l'une (I) est indépendante du taux E d'hydratation (abscisse *fixe* à $-100°C$ environ), tandis que l'autre se déplace avec E. Des relations *linéaires* existent entre le degré d'hydratation E de l'adsorbant et, d'une part, les intensités des bande I et II, d'autre part, les températures des maxima de la bande II. La somme des hauteurs des bandes I et II est, par ailleurs, constante.

Dans une étude récente [1], Mlle Rolland et M. Bernard ont présenté d'intéressantes courbes d'absorption diélectrique ε'' de l'eau adsorbée en quantité variable par un gel de silice (actigel). L'objet de la présente Note est d'exposer une interprétation possible des courbes, figurées à la page 1099 du travail cité, obtenues pour la fréquence $\nu = 5$ kc : s.

Les considérations suivantes reposent essentiellement sur trois observations principales :

1° Existence d'une bande d'absorption à maximum (bande I) d'abscisse (température) *invariable* $T_0^M \neq -100°C$, d'ordonnée (hauteur) h_0, *variable* avec le taux d'hydratation (E % eau, en poids). On remarque que

$$\text{(I)} \qquad h_0 = k(E - E_m),$$

E_m étant le taux d'eau pour lequel $h_0 = 0$, et k, une constante.

2° Pour chaque teneur en eau (E %) utilisée, il existe une deuxième bande (bande II), dont le maximum *varie* aussi bien avec la température qu'avec le degré d'hydratation. Soient T_i^M et h_i la température et la hauteur, toutes deux variables, de ces maxima. On observe que

$$\text{(II)} \qquad h_0 + h_i = h^M = \text{const.},$$

$$\text{(III)} \qquad h^M - h_i = k(E - E_m).$$

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1098.

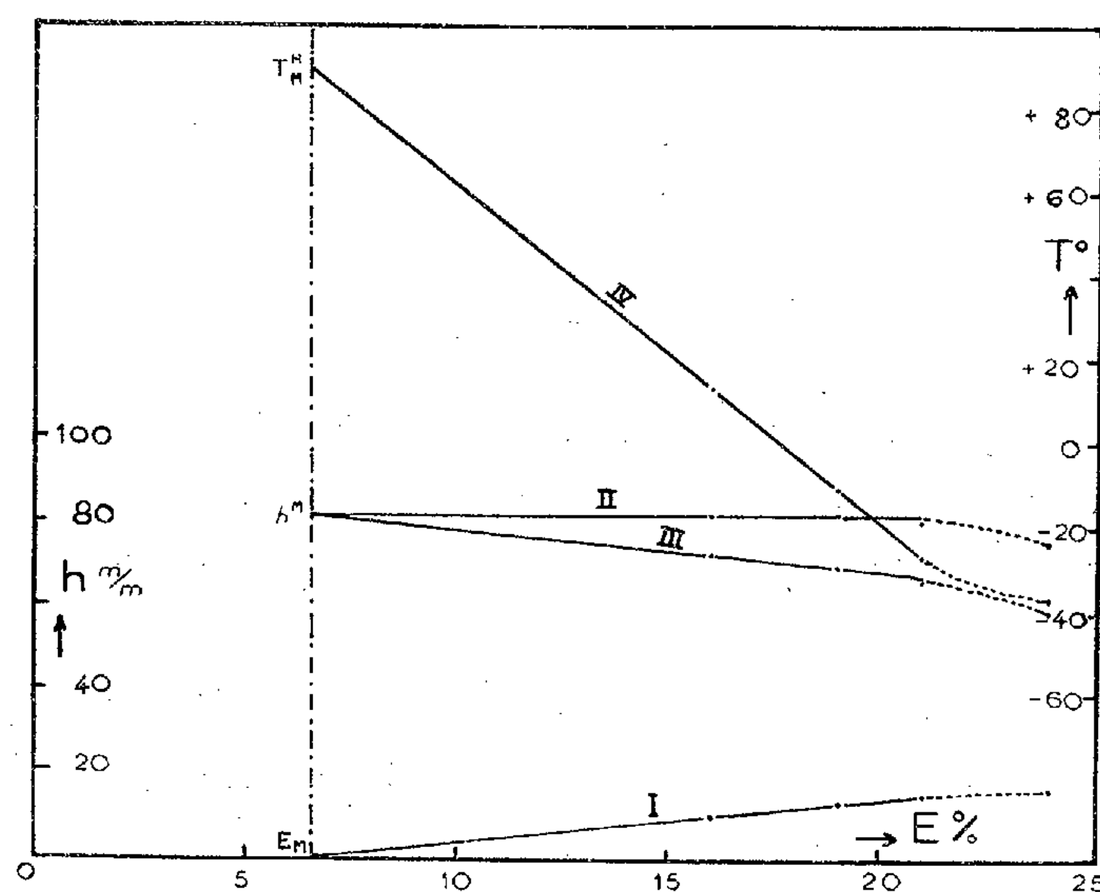
Lorsque $E = E_m$, $h_i$max max $= h^M$, la constante k étant la même que précédemment [relation (I)].

3° La variation de T_i^M (bande II) en fonction du taux d'hydratation E est également *linéaire*, d'après

$$\text{(IV)} \qquad T_M^M - T_i^M = k'(E - E_m) \quad (^2).$$

Pour $E = E_m$, T_i^M max max $= T_M^M =$ const.

Afin de préciser les grandeurs ayant servi à l'établissement de ces relations, nous avons réuni dans le tableau suivant, d'une part, les données numériques



relevées directement sur les courbes expérimentales publiées ([1]), d'autre part, les différentes constantes E_m, h^M, T_M^M, k et k' *établies graphiquement*. La figure représente les droites relatives aux relations (I), (II), (III) et (IV).

	Bande I.		Bande II.	
E (% eau en poids).	T_0^M (°C).	h_0 (mm).	T_i^M (°C).	h_i (mm).
16	—100 env.	9,5	+12	72
19	—100	12,5	—12	69,5
21	—100	14,5	—28	66
24	—100	16,5	—38	59
Constantes	$E_m = 6,5$ % eau,	$h^M = 81,5$ mm,	$T_M^M = +88$°C	
	Pentes : $k = 1$ mm par % eau,		$k' = 8$° par % eau	

([2]) Les relations (I), (II), (III) et (IV) sont très bien vérifiées (*fig.*) pour les taux d'hydratation *les plus faibles* : à 16 %, à 19 % et même à 21 % (surtout les droites I et IV); les données relatives au gel à 24 % d'eau s'en écartent un peu, pour des raisons qui seront indiquées ultérieurement.

Cependant les relations précédentes peuvent être mises sous une forme un peu différente. En effet, en admettant que les hauteurs h_0 et h_i soient, respectivement, proportionnelles aux concentrations $[H_2O]_{x_0}$ et $[H_2O]_{x_i}$ d'entités absorbantes supposées $(H_2O)_x$, à x molécules par unité, nous obtenons

(I *bis*) $$h_0 = k''[H_2O]_{x_0},$$

(II *bis*) $$h_i = k''[H_2O]_{x_i}.$$

Si, de plus, *toute l'eau* $E - E_m$ présente était *uniquement* sous forme d'unités définies $(H_2O)_x$, la *conservation de la masse* exigerait

$$E - E_m = x_0[H_2O]_{x_0} = x_i[H_2O]_{x_i}$$

d'où

(I *ter*) $$h_0 = k''\frac{E - E_m}{x_0},$$

(II *ter*) $$h_i = k''\frac{E - E_m}{x_i},$$

(V) $$x_0 h_0 = x_i h_i.$$

Nous verrons, dans la deuxième Note, la signification que l'on peut attacher aux unités $(H_2O)_x$. Si x_i est *variable* et x_0 *constante*, la variation de l'indice x_i peut être obtenue, à la constante x_0 près, par le rapport h_0/h_i.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le polissage anodique du nickel dans les électrolytes contenant les ions chlore*. Note (*) de MM. **Sakae Tajima** et **Takemi Mori**, présentée par M. Pierre Jolibois.

On étudie le comportement anodique du nickel dans les solutions d'acide chlorhydrique et de divers chlorures. A toutes les concentrations comprises entre une molécule-gramme et la saturation, la courbe courant-tension présente la forme typique de l'effet de polissage. Les surfaces ainsi obtenues sont passivées.

On sait que les ions chlore suppriment la passivité de beaucoup de métaux polarisés anodiquement. D'autre part des effets de passivation plus ou moins nets ont été observés dans certaines conditions de polissage électrolytique [1]. Le rapprochement de ces deux faits tendrait à indiquer que le phénomène de polissage anodique ne peut exister avec les électrolytes contenant des ions chlore. Cette conclusion se vérifie en ajoutant des chlorures aux acides sulfurique et phosphorique, qui sont les constituants normaux de certains bains de polissage.

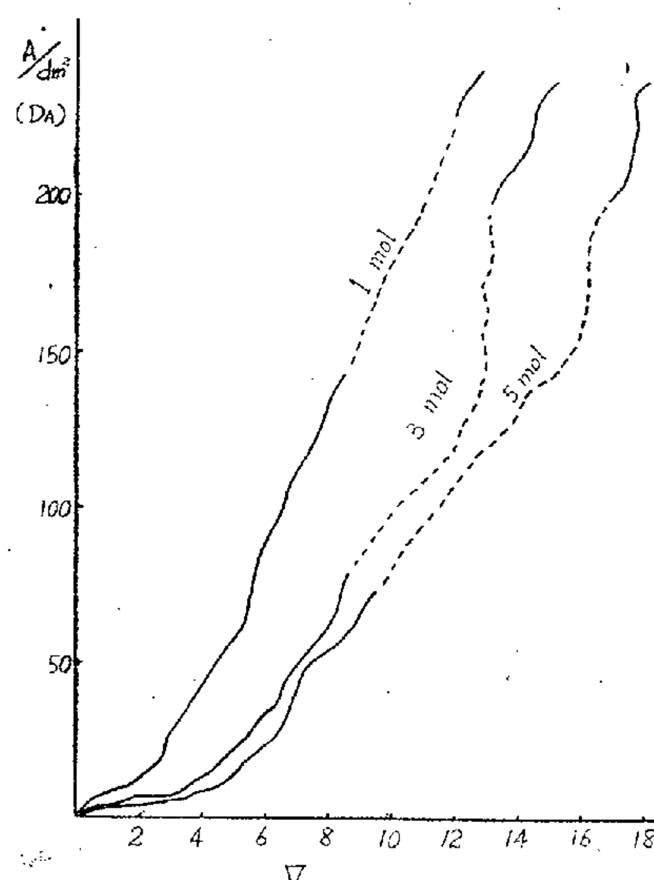
Cependant U. R. Evans [2] a pu polir l'aluminium dans un électrolyte

(*) Séance du 2 juillet 1951.

[1] S. Tajima, *J. Électrochem. Soc. Japan*, **13**, 1945, p. 63.

[2] U. R. Evans et D. Whitham, *J. Électrodepositors Techn. Soc.*, **22**, 1947, p. 24.

contenant entre autres composants du chlorure d'aluminium. Nous avons obtenu un résultat analogue avec le nickel et le fer traités en anodes dans les solutions aqueuses d'acide chlorhydrique et de divers chlorures (d'ammonium, d'aluminium, de magnésium). Il est douteux que cette méthode ait un intérêt pratique, mais son étude a été poursuivie dans le cadre d'une recherche générale sur le mécanisme du polissage électrolytique.



Courbe-densité de courant-tension aux bornes dans les solutions de $MgCl_2$ de diverses concentrations. La partie en traits discontinus indique le domaine du polissage.

Avec tous les bains examinés on a obtenu la courbe courant-tension de la forme (*fig.* 1) trouvée par P. Jacquet [3] et corrélativement l'anode de nickel subit le polissage, en même temps qu'une passivation, lorsque les conditions résumées dans le tableau I sont respectées.

TABLEAU I.

Conditions de polissage du nickel à la température ordinaire.

Electrolyte.	Concentration (mol-g).	Tension (V).	Densité de courant (A : dm²).	Remarques.
HCl..........	1 < C < sat.	2,8–5	70–250	
NH_4Cl........	»	5,5–14	40–200	Complexe bleu soluble
$AlCl_3$.........	»	5,5–14	60–200	Fluctuations périodiques
$MgCl_2$........	1,5 < C < sat.	9,5–16,5	50–230	Précipitation de $Mg(OH)_2$

L'effet de la température est inverse de celui observé dans l'acide sulfurique

(3) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1473; *Trans. Electrochem. Soc.*, 69, 1936, p. 629.

qui polit également le nickel [4]. Ainsi à 55-60° le polissage est plus difficile à obtenir et exige une tension en général plus élevée. En revanche, à la température ordinaire, le rendement de la dissolution anodique est souvent meilleur que dans l'acide sulfurique (par exemple 75 % dans ClH3N et 40 % seulement dans SO_4H_2 30 N).

Le pH des solutions, mesuré avec l'électrode à antimoine, au cours de l'électrolyse, varie peu dans les solutions de $AlCl_3$ qui se trouvent tamponnées, et de NH_4Cl qui forment un sel complexe avec le nickel, sans précipitation d'hydroxyde. Au contraire, dans les solutions de $MgCl_2$ le pH varie notablement, l'hydroxyde précipite et l'électrolyte devient vite inutilisable (tableau II).

TABLEAU II.

Variation du pH *en cours d'électrolyse.*

	Durée d'électrolyse (mn)	0.	10.	20.	30.	40.
Électrolyte	$AlCl_3$, 2,5 molaire	3,30	3,45	3,60	4,0	4,10
	$MgCl_2$, 5 »	4,50	6,20	6,30	6,30	6,30
	NH_4Cl, 5 »	5,12	5,30	5,80	5,81	5,81

On a examiné aussi les solutions de NaCl, $CdCl_2$ et $ZnCl_2$. Toutes deviennent alcalines pendant l'électrolyse et l'hydroxyde de nickel précipite. Seul l'électrolyte au $CdCl_2$ produit un certain effet de polissage.

Des agents d'addition tels que la glycérine et les composés tensioactifs (dérivés sulfonés des alcools supérieurs, mouillants, etc.) élargissent les limites du domaine de polissage, restreignent la formation d'hydroxydes et diminuent la tendance aux traînées sur l'anode.

Le nickel poli dans ClH, 3 molaire, a un potentiel de + 98 mV dans $NiCl_2$ ou SO_4NiN à 16°, plus noble de 20 mV que celui du métal poli dans SO_4H_2, ce qui indique un état de passivité. D'ailleurs, la surface ne déplace pas le cuivre de la solution de sulfate de cuivre.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Magnétochimie des complexes de* Cu^{++} *et de* Ni^{++} *quadricovalents.* Note de M. **Jean Ploquin**, présentée par M. Paul Pascal.

Les complexes quadricovalents de Cu^{++} restent paramagnétiques quel que soit leur type de structure : tétraédrique par hybridation sp^3 ou tétragonal et plan par hybridation sp^2d [1]. Au contraire pour Ni^{++}, le type tétraédrique

(4) A. W. Hothersall et R. A. F. Hammond, *J. Electrodepositors Techn. Soc.*, 16, 1940, p. 83; *Metal Industry* 58, 1941, p. 424.

(1) Ploquin, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 18, 1951, p. 130.

est paramagnétique tandis qu'on peut concevoir ([2]) une structure plane diamagnétique. Par suite la magnétochimie devrait permettre de déterminer la structure d'un complexe de Ni^{++} et, par analogie en vérifiant l'isomorphisme des composés, celle des complexes correspondants de Cu^{++}.

En fait dans les séries $MCl_2B_2, 2H_2O$ et MCl_2B_4 ([3]), où M désigne Cu ou Ni et B une des amines hétérocycliques indiquées ci-dessous, les résultats des mesures magnétochimiques sont les suivants :

	$MCl_2B_2, 2H_2O$.		MCl_2B_4.	
B dans	$K_{Cu^{++}}.10^6$.	$K_{Ni^{++}}.10^6$.	$K_{Cu^{++}}.10^6$.	$K_{Ni^{++}}.10^6$.
Pyridine.............	1530	4823	–	–
α Picoline............	1565	4387	1516	4470
β »	1540	4730	1548	4880
γ »	1589	4800	–	4670
αα' Lutidine..........	1545	–	1605	4425
αβ Lutidine...........	1538	4451	–	4440
α-Phényl-Pyridine.....	1570	2475	–	2568
Quinoléine............	1541	–	–	2345
Quinaldine...........	1540	2180	–	–
Acridine..............	1529	2325	–	2134

Donc si le paramagnétisme de Cu^{++} est sensiblement constant, celui de Ni^{++} diminue quand l'encombrement autour de l'azote coordiné augmente. Ceci peut sembler contraire aux résultats attendus.

On penserait en effet que la possibilité coplanaire des cycles coordinés favoriserait plutôt la structure plane du métal central; effectivement Cox, Webster, Sharatt et Wardlaw ([4]) ont développé des arguments pour une structure plane du chlorure de cuivre-dipyridine. Pour Cu^{++} l'hybridation sp^2d (structure plane) est rendue possible par le transfert préalable d'un électron $3d$ dans une case $4p$. Mais pour Ni^{++}, la structure plane diamagnétique envisagée habituellement ([2]) par hybridation sp^2d suppose les huit électrons $3d$ appariés dans quatre cases $3d$; on impose donc le transfert d'un électron de Ni^{++} normal paramagnétique d'une case $3d$ dans une autre avec renversement du spin; une certaine énergie est donc nécessaire à cette transformation.

Mais l'hybridation sp^2d peut aussi se faire, comme dans le cas de Cu^{++}, après transfert d'un électron célibataire $3d$ dans une case $4p$, ce qui n'exige qu'une très faible énergie. On aura encore la même structure plane mais Ni^{++} sera paramagnétique avec deux électrons célibataires.

([2]) Sugden, *J. of Chem. Soc.*, 1932, p. 246; Cox, Wardlaw et Webster, *ibid.*, 1935, p. 1475; Cox, Pinkard, Wardlaw et Webster, *ibid.*, 1935, p. 459; Jensen, *Z. Anorg. Chem.*, 221, 1934, p. 6.

([3]) Préparés selon Lang, *Berichte*, 21, p. 1585; Reitzenstein, *Z. anorg. Chem.*, 11, p. 254; 18, p. 269; Tombeck, *Ann. Chim.*, (7), 22, p. 129.

([4]) *J. Chem. Soc.*, 1936, p. 129.

En supposant que les deux électrons célibataires $3d$ ont migré dans deux cases distinctes $4p$, les orbitales valentielles, obtenues par hybridation spd^2 correspondent à un tétraèdre irrégulier paramagnétique.

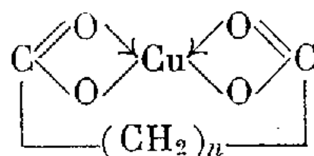
La diminution du paramagnétisme de Ni^{++} en fonction de l'encombrement stérique peut ainsi traduire des perturbations importantes dans son arrangement électronique au centre du complexe; mais les mesures magnétiques ne peuvent à elles seules déterminer le type d'hybridation qui fournit les orbitales valentielles.

En réalité, je pense que le paramagnétisme du nickel apparaît intégralement dans les « complexes » tels que $NiCl_2Py_2$, $2H_2O$ parce que les liaisons Ni—N ou Ni—O sont très faibles ou ont un certain caractère électrostatique; au contraire dans les complexes tels que $NiCl_2$, Acr_4 les liaisons Ni—N sont presque purement covalentes et le paramagnétisme du nickel est fortement dissimulé.

Pour les complexes cupriques, le paramagnétisme du Cu^{++} est à peine dissimulé et ceci d'une façon constante dans la série; les liaisons Cu—N ou Cu—O sont donc très faibles et presque uniquement de nature électrostatique et, au sens magnétochimique, le cuivre n'est pas complexé et conserve son paramagnétisme ionique. La différence de comportement entre le cuivre et le nickel doit vraisemblablement, comme dans le cas de leurs sels aliphatiques ([5]) être attribuée à la différence d'électronégativité entre ces deux métaux.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Magnétochimie des sels de cuivre de certains diacides organiques.* Note de Mme **Christiane Vergneau**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note en collaboration avec M. Ploquin ([1]), j'ai attribué les variations de la dissimulation paramagnétique du cuivre dans les sels des diacides aliphatiques saturés à chaîne normale à la plus ou moins grande facilité avec laquelle le cycle



peut s'établir. Cette interprétation a les conséquences suivantes qu'il importait de vérifier.

Si l'on augmente le diamètre des sphères d'action d'un ou plusieurs maillons de la chaîne polyméthylénique, en remplaçant par exemple CH_2 par CHBr ou

---

([5]) Amiel, Ploquin et Dixmier, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2097; Ploquin, *Bull. Soc. Chim.*, (en cours de publication).

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2439.

$CH(CH_3)$ ou $C(CH_3)_2$, la courbe de dissimulation paramagnétique du cuivre en fonction du nombre de maillons de la chaîne $(CH_2)_n$ doit être modifiée dans le sens d'une dissimulation moins marquée quand l'encombrement augmente.

Si l'on impose à la chaîne entre les deux carbones acides une configuration incompatible par une double liaison ou un cycle extérieur, le complexe non électrolyte ne pourra pas se former et le paramagnétisme du cuivre ne devra pas être dissimulé.

J'ai donc préparé et étudié les sels de cuivre des acides mésodibromosuccinique, méthylsuccinique, α et β-méthyladipiques et camphorique d'une part, maléique, fumarique, citraconique et phtalique d'autre part.

Les résultats sont les suivants (*cf.* tableau).

En les transposant sur la courbe de la Note précédente ([1]) on voit que la dissimulation paramagnétique du cuivre a évolué dans le sens prévu.

Sel.	$K_{Cu}.10^6$.	Possibilité géométrique de complexion.
Mésodibromosuccinate $3H_2O$	1705	Nulle
» anhydre	1680	»
Méthylsuccinate (pyrotartrate) $2H_2O$	1423	Très faible
» anhydre	1487	»
α-méthyladipate anhydre	840	Légèrement inférieure
β-méthyladipate anhydre	825	à celle du succinate
Camphorate $5/2\ H_2O$	918	Comme le diméthylglutarate
» anhydre	945	»
Maléate $2H_2O$	1670	Nulle
» $1H_2O$	1695	»
» anhydre	1684	»
Fumarate $3H_2O$	1710	Nulle
» $1H_2O$	1759	»
Citraconate $2H_2O$	1725	Nulle
» anhydre	1693	»
Phtalate $1H_2O$	1569	Très faible ou nulle

La non-complexité du cuivre dans le dibromosuccinate n'est toutefois pas une preuve absolue en faveur de la théorie invoquée. En effet le pK_{A_2} de l'acide est voisin de 3; de ce fait, d'après Amiel, Ploquin et Dixmier ([2]), la tendance du cuivre à se complexer doit être assez faible; associée à un encombrement important, elle explique l'absence de dissimulation du cuivre dans ce composé. Les résultats obtenus avec les autres acides sont plus concluants car la force des acides reste du même ordre que celle des diacides à chaîne normale.

Ces conclusions confirment donc l'interprétation donnée antérieurement des variations de la dissimulation paramagnétique du cuivre dans les sels des diacides aliphatiques saturés.

([2]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2097.

CATALYSE. — *Cinétique générale de l'hydrogénation catalytique en phase liquide sur le nickel de Raney.* Note (*) de MM. **René Heilmann** et **Gabriel de Gaudemaris**, présentée par M. Marcel Delépine.

La diversité d'expression des résultats relatifs aux hydrogénations catalytiques en phase liquide rend ceux-ci difficiles à coordonner ([1]). Aussi certains auteurs ont-ils entrepris une étude cinétique de la réaction dans le cas de l'hydrogénation du noyau benzénique, puis de cycles terpéniques et furaniques ([2]). Nous nous sommes efforcés d'étendre semblable étude à un plus grand nombre de fonctions (éthyléniques, carbonylées simples ou $\alpha - \beta$ non saturées, acétyléniques diverses). Il y avait donc lieu de déterminer l'influence des quantités de catalyseur, le nickel de Raney, dans notre cas, et d'accepteur.

Nous avons constaté, en général, que la quantité d'accepteur n'intervient pas, et que la vitesse est proportionnelle à la masse du catalyseur, celle-ci ne variant pas au cours de la réaction. Nous pouvons poser, si la réaction est de l'ordre 1

$$-\frac{dp}{dt} = mp, \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad \text{Log}\frac{p_0}{p} = mt,$$

la courbe représentative de $\text{Log}\, p_0/p$ étant une droite de pente m. Nous appellerons k le rapport m/π, π étant la masse de catalyseur; la chute de pression étant inversement proportionnelle au volume V de l'appareil, il est facile d'obtenir la constante de vitesse $K = 2,303\,kV$ rapportée à 1 g de catalyseur.

Nous donnons ici les résultats relatifs à des composés à fonction simple, en évaluant P (pression initiale) en kilogrammes par centimètre carré, π (masse de catalyseur) en grammes, v (volume de l'accepteur) en centimètres cubes.

A. Hydrogénations sans solvant. — *Heptène-1 :*

a. $P = 5$, $v = 10$: $\pi = 0,230$, $m = 5,25.10^{-3}$, $k = 22,8.10^{-3}$; $\pi = 0,09$, $m = 1,87.10^{-3}$, $k = 20,9.10^{-3}$.

b. $P = 5$, $\pi \simeq 0,250$: $v = 10$, $k = 21.10^{-3}$, $v = 5$, $k = 20,4.10^{-3}$.

c. $\pi \simeq 0,250$, $v = 10$: $P = 5$, $k = 21.10^{-3}$; $P = 3$, $k = 19,6.10^{-3}$.

Acétone :

a. $P = 100$, $v = 100$: $\pi = 25,52$, $m = 3,46.10^{-3}$, $k = 1,38.10^{-4}$; $\pi = 13,5$, $m = 1,95.10^{-3}$, $k = 1,44.10^{-4}$.

b. $P = 100$, $\pi \simeq 13$: $v = 100$, $k = 1,58.10^{-4}$; $v = 200$, $k = 1,33.10^{-4}$.

c, $v = 100$, $k \simeq 12$: $P = 150$, $k = 0,67.10^{-4}$; $P = 100$, $k = 0,82.10^{-4}$; $P = 50$, $k = 0,99.10^{-4}$.

(*) Séance du 2 juillet 1951.

([1]) Campbell et Campbell, *Chem. Rev.*, **31**, 1942, p. 77.

([2]) Smyth, *J. Am. Chem. Soc.*, **67**, 1945, p. 272; **70**, 1948, p. 3743 et **71**, 1949, p. 81, 413, 3765.

Butanone-2. — Première série d'essais :

a. $P=100$, $v=100$: $\pi=28$, $m=3,49.10^{-3}$, $k=1,18.10^{-4}$; $\pi=14$, $m=1,14.10^{-3}$, $k=0,81.10^{-4}$.

b. $P=100$, $\pi\simeq 14$ · $v=100$, $k=0,81.10^{-4}$; $v=200$, $k=0,83.10^{-4}$

c. $v=100$, $\pi\simeq 14$: $P=100$, $k=0,77.10^{-4}$; $P=50$, $k=0,7.10^{-4}$.

Deuxième série d'essais :

a. $P=5$. $v=10$: $\pi=2,03$, $m=4,22.10^{-4}$, $k=2,21.10^{-4}$; $\pi=3,09$, $m=6,8.10^{-4}$, $k=2,19.10^{-4}$.

b. $P=5$. $\pi\simeq 3$: $v=10$, $k=2,2.10^{-4}$; $v=20$, $k=2,16.10^{-4}$.

c. $v=10$, $\pi\simeq 3$: $P=5$, $k=2,19.10^{-4}$; $P=3$, $k=2,05.10^{-4}$.

Isobutanal :

a. $P=5$, $v=10$: $\pi=2,05$, $m=4,24.10^{-3}$, $k=2,07.10^{-3}$; $\pi=3,26$, $m=7,3.10^{-3}$, $k=2,16.10^{-3}$.

b. $P=5$, $\pi\simeq 2$: $v=10$, $k=2,07.10^{-3}$; $v=5$, $k=1,99.10^{-3}$.

c. $v=10$, $\pi\simeq 2$: $P=5$. $k=2,06.10^{-3}$; $P=3$, $k=2,12.10^{-3}$.

Ainsi donc, dans le cas des composés carbonylés, si la loi proposée est bien suivie en ce qui concerne les influences des quantités de catalyseur et d'accepteur, l'examen du rôle de la pression révèle par contre des écarts importants. La décroissance observée du coefficient k avec l'élévation de la pression initiale montre que l'ordre apparent de la réaction devient inférieur à 1, sans que l'ordre vrai en fasse nécessairement autant : ce fait peut être dû à un ralentissement par les produits de la réaction sans que le mécanisme de cette dernière soit entièrement différent.

B. Hydrogénations avec solvant. — Ces essais ont été effectués jusqu'ici uniquement sur l'acétone et à pression élevée.

1° *Influence de la nature du solvant* ($P=100$, $\pi\simeq 12$, $v=100$, solvant 100 cm³); alcool éthylique : $k=8,13.10^{-4}$; alcool méthylique : $k=13,8.10^{-4}$; dioxane : $k=0,85.10^{-4}$; cyclohexane : $k=0,92$; 10^{-4}.

2° *Influence de la quantité du solvant* ($P=100$, $\pi\simeq 12$). — *a. Alcool éthylique.* — 100 cm³ pour $v=100$: $k=8,13.10^{-4}$; 100 cm³ pour $v=50$: $k=5,08.10^{-4}$; 50 cm³ pour $v=150$: $k=5,13.10^{-4}$.

b. Dioxane. — 100 cm³ pour $v=100$: $k=0,85.10^{-4}$; 100 cm³ pour $v=50$: $k=0,50.10^{-4}$; 50 cm³ pour $v=150$: $k=0,58.10^{-4}$.

Il résulte de ces deux séries d'essais que, si les alcools augmentent la vitesse, le dioxane et le cyclohexane paraissent la diminuer; dans tous les cas, la vitesse maxima semble devoir être obtenue avec des volumes voisins de solvant et d'acétone.

3° *Influence de la pression sur les hydrogénations en présence de solvant.* — 100 cm³ d'alcool éthylique pour 100 cm³ d'acétone, $\pi_{\cdot}\simeq 12$:

$P=50$, $k=6,17.10^{-4}$; $P=100$, $k=4,84.10^{-4}$; $P=150$, $k=4,20.10^{-4}$.

Ici encore, l'ordre apparent semble diminuer avec l'élévation de la pression initiale, cet effet étant plus accentué qu'avec une cétone pure.

Les détails expérimentaux et la généralisation de cette étude à d'autres fonctions, et à d'autres catalyseurs, feront l'objet de publications ultérieures.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Chimiluminescence des décompositions explosives d'azoture de chlore* N_3Cl *et de chlorure d'azote* NCl_3. *Mécanismes de ces réactions.* Note (*) de M. **Guy Pannetier**, présentée par M. Paul Pascal.

La décomposition explosive de ces deux composés pris à l'état gazeux peut être amorcée par une simple étincelle. Leurs émissions spectrales sont constituées par des fonds continus très intenses, s'étendant de l'ultra-violet au rouge. La cinétique de ces réactions correspond donc à un véritable éclatement de la molécule, soit $N_3Cl \rightarrow 3N + Cl$ pour l'azoture de chlore, soit $NCl_3 \rightarrow N + 3\,Cl$ pour le chlorure d'azote

L'étude spectrographique des phénomènes de chimiluminescence accompagnant la destruction de l'azoture de chlore N_3Cl et du chlorure d'azote NCl_3, n'avait pas été abordée jusqu'ici. D'un autre côté, par similitude avec la combustion de l'ammoniac et la décomposition de l'acide azothydrique, où l'on observe le radical NH, il paraissait assez naturel de chercher à mettre en évidence le radical inconnu NCl en étudiant l'explosion de l'une ou l'autre de ces deux combinaisons.

Comme nous l'avons rappelé dans une précédente Note ([1]), l'obtention d'un cliché nécessite de 10^3 à 10^4 explosions se succédant assez rapidement dans le temps. Un dispositif mécanique permet donc d'assurer automatiquement les trois opérations suivantes : introduction de 10 à 20 cm³ de gaz frais dans un tube d'axe parallèle à celui du spectrographe; amorçage de la décomposition explosive du contenu par une étincelle quand le tube est fermé; et enfin évacuation des produits de combustion de façon à préparer le tube pour le renouvellement de l'opération. Chaque cycle dure un peu moins d'une seconde et quelques heures suffisent pour obtenir un résultat.

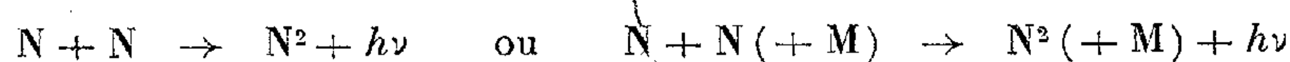
L'azoture de chlore utilisé est préparé ([2]) en faisant tomber goutte à goutte sur de l'acide borique en poudre une solution saturée d'azoture de sodium N_3Na dans de l'eau de Javel à 40-45°. Le gaz N_3Cl est consommé au fur et à mesure de sa production en vue d'éviter les risques d'accidents. Par contre la préparation du chlorure d'azote par action du chlore sur une solution de chlorure d'ammonium se fait avec un trop mauvais rendement pour que le mélange chlorure d'azote-chlore puisse être utilisé tel quel. On condense donc par refroidissement avec de la glace une petite quantité de NCl_3, puis on l'évapore ensuite. Dans l'un et l'autre cas NCl_3 et N_3Cl sont séchés par contact avec du chlorure de calcium. Seule la déshydratation de l'azoture de chlore est achevée sur une colonne d'anhydride phosphorique.

(*) Séance du 25 juin 1951.

([1]) G. Pannetier, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 897.

([2]) Raschig, *Ber.*, **41**, 1908, p. 4194.

Les spectres obtenus sont les mêmes pour les deux molécules N_3Cl et NCl_3. Ils correspondent à une émission continue intéressant aussi bien le visible que l'ultraviolet. Son maximum d'intensité se situe vers 5 000-5 500 Å, ce qui donne à l'explosion une couleur blanc jaune bleuâtre. Lorsque les gaz sont parfaitement déshydratés, l'émission est limitée à ce « continuum ». Aucune autre raie ou bande n'est visible quelle que soit la durée de la pose. Le radical NCl, s'il existe, n'intervient donc pas de façon visible dans les mécanismes de destruction de ces composés. Cependant les résultats obtenus nous apportent au moins une donnée relative à la cinétique de décomposition des molécules NCl_3 et N_3Cl sous l'action de l'étincelle. Ces composés éclatent en leurs constituants; soit que l'on ait $N_3Cl \rightarrow 3\,N + Cl$ pour l'azoture de chlore, soit $NCl_3 \rightarrow N + 3Cl$ pour le chlorure d'azote. Les réactions de recombinaisons des atomes.



$$N + N \rightarrow N^2 + h\nu \quad \text{ou} \quad N + N(+M) \rightarrow N^2(+M) + h\nu$$

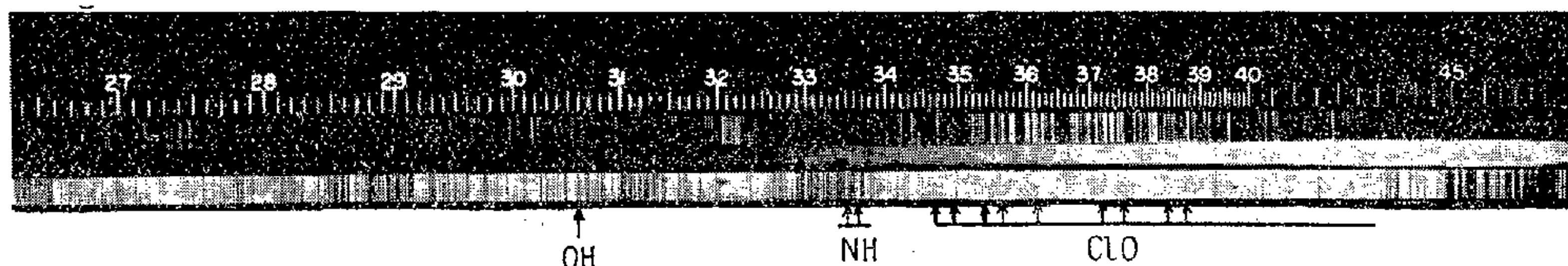
et



$$Cl + Cl \rightarrow Cl^2 + h\nu \quad \text{ou} \quad Cl + Cl(+M) \rightarrow Cl^2 + M + h\nu$$

qui ont lieu après la destruction des molécules originelles, sont responsables du fond continu observé et de leur identité.

De plus, lorsqu'on envoie dans l'éclateur, un mélange d'azoture et de vapeur d'eau, comme tel est le cas lorsqu'on ne déshydrate pas avec assez de soin le produit que l'on utilise, on observe bien encore le même fond continu que lorsqu'il est parfaitement déshydraté, mais il apparaît immédiatement les bandes du radical OH à 3064 Å, celles de NH à 3360 et 3370 Å, et celles de



ClO depuis 4417 jusqu'à 3587 Å (³). Ces bandes se surajoutent au fond continu comme on peut le voir sur le spectre ci-dessus. Pour interpréter ce fait deux explications sont possibles : ou bien en phase gazeuse se produit la réaction : $N_3Cl + HOH \rightleftharpoons N_3H + ClOH$ et N_3H se détruit de son côté en donnant NH (⁴) comme nous en avons rendu compte dans une précédente Note, avec une scission de ClOH en ClO et un atome H; ou bien la réaction qui a lieu se passe au moment de l'explosion et est alors une réaction de radicaux libre; dans ce cas on peut interpréter l'existence des radicaux NH,

---

(³) G. PANNETIER et A. G. GAYDON, *Nature* (London), **161**, 1948, p. 242.

(⁴) G. PANNETIER, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 897.

soit par $N + H_2O \rightarrow NH^* + OH^*$, soit par $N + H \rightarrow NH^*$, soit encore par $N + OH^* \rightarrow NH^* + O$.

De même, celle des radicaux ClO peut se justifier par l'action du chlore atomique libéré dans la décomposition de l'azoture soit sur la vapeur d'eau, soit sur le radical oxhydrile résultant de sa dissociation. On a alors : Soit : $Cl + H_2O \rightarrow ClO^* + H_2$; soit : $Cl + OH^* \rightarrow ClO^* + H$.

La seconde de ces interprétations paraît être la plus vraisemblable, surtout en ce qui concerne la justification du radical ClO, car on n'a jamais pu mettre en évidence la formation de ClO^* dans la décomposition de l'acide hypochloreux.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage potentiométrique des mélanges de bromures et thiocyanates alcalins.* Note (*) de M. **Claude Léon**, présentée par M. Paul Pascal.

Le dosage potentiométrique du mélange des ions bromure et thiocyanique, sous forme de bromure et de thiocyanate d'argent, en présence d'une électrode d'argent n'est pas possible en raison de la faible différence de solubilité qui existe entre ces deux sels :

$$S_{BrAg} = 10^{-12,3}, \qquad S_{SCNAg} = 10^{-11,9}.$$

Des méthodes de séparation préalable ont été proposées :

A. Précipitation du thiocyanate cuivreux en solution bisulfitique [1].

B. Élimination de l'ion thiocyanique par oxydation, soit par le permanganate [2], soit par l'eau oxygénée [3].

La *méthode* A nécessite évidemment une filtration; la *méthode* B donne des résultats incertains, soit que la décomposition de l'ion thiocyanique soit incomplète, soit qu'il y ait décomposition partielle du bromure.

Nous avons utilisé la méthode proposée par P. Deschamps [4] pour le dosage simultané chlorure-bromure et qui consiste à opérer en milieu eau-acétone.

On voit que s'il n'y a dans l'eau qu'un saut de potentiel correspondant à une précipitation simultanée du bromure et du thiocyanate d'argent (courbe I), il n'en est plus de même dans l'acétone à 80 % où apparaissent deux vagues distinctes; la première correspondant à la précipitation du bromure d'argent, la seconde à celle du thiocyanate (courbes II et III).

Dans des mélanges synthétiques de bromure de potassium et de thiocyanate

(*) Séance du 2 juillet 1951.

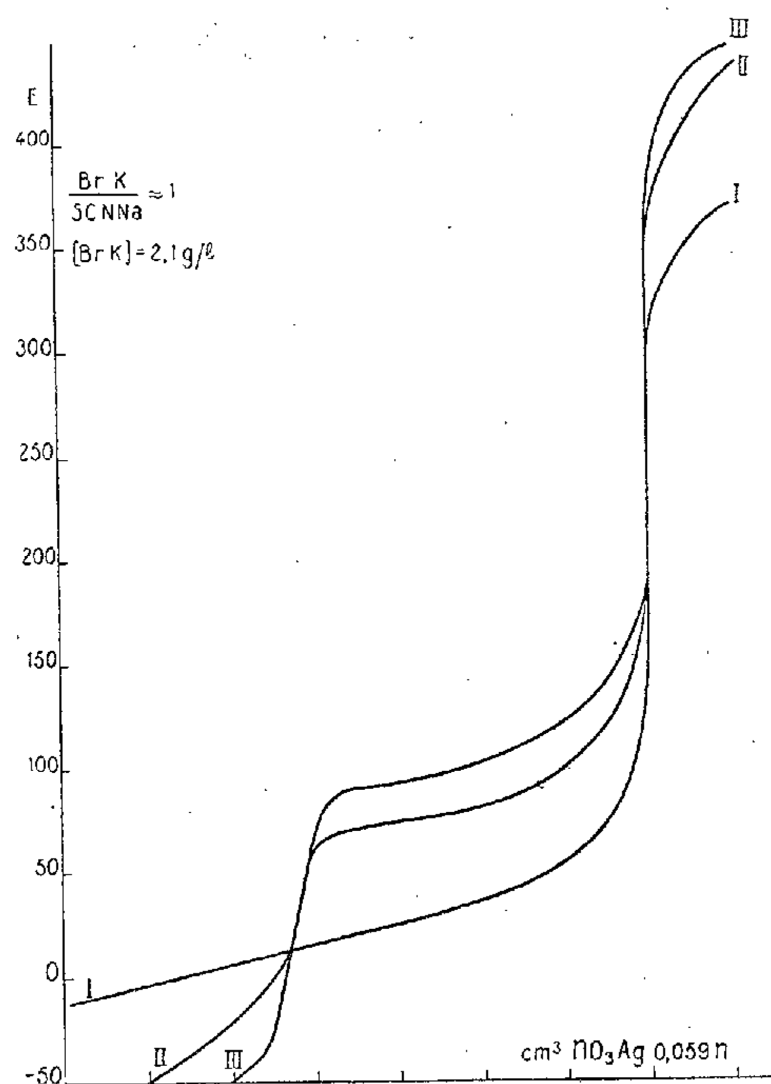
(1) Stanley Kettle, *Chem. Analyst.*, 16, n° 2, 1927, p. 61.

(2) Shchigol, *Zavodskaya Laboratoriya*, 13, n° 10, 1947, p. 1178.

(3) Brunner-Means-Zappert, *J. Soc. Mot. Pict. Eng.*, Juillet 1949, p. 26.

(4) *Comptes rendus des Journées Internationales de l'analyse et des essais*, novembre 1950 (à paraître).

de sodium dans l'acétone à 80 %, nous avons pu doser 0,021 g : l de bromure dans une solution contenant 1,77 g : l de thiocyanate aussi bien que 0,077 g : l de thiocyanate en présence de 2,17 g : l de bromure.



I. Dans l'eau. — II. Dans l'acétone 80 %. — III. Dans l'acétone 90 %.

Nous avons mesuré la solubilité apparente des bromures et thiocyanates d'argent dans l'acétone à 80 %, c'est-à-dire le produit de solubilité correspondant au point d'équivalence, tel qu'il se présente pratiquement au cours d'un dosage effectué sans précautions spéciales.

Des solutions acétoniques des deux sels alcalins ont été précipitées par le nitrate d'argent en suivant les variations de potentiel de l'électrode d'argent. Nous avons déterminé le potentiel correspondant au point d'équivalence, point où le rapport différentiel $\Delta E/\Delta c$ est maximum (Δc correspond à une goutte de nitrate d'argent 0,005 N).

Les résultats sont les suivants (par rapport à l'électrode de calomel saturée) :

$$\left[\frac{\Delta E}{\Delta c}\right]_{max} \text{ pour BrAg : } \quad E = 0,186\text{ V},$$

ce qui conduit successivement à

$$[Ag^+] = 10^{-6,17} \quad \text{et} \quad [Ag^+][Br^-] = 10^{-12,34};$$

$$\left[\frac{\Delta E}{\Delta c}\right]_{max} \text{ pour SCNAg : } \quad E = 0,250\text{ V},$$

$$[Ag^+] = 10^{-5,09} \quad \text{et} \quad [Ag^+][SCN^-] = 10^{-10,18}.$$

Comme on le voit, la différence de solubilité entre le bromure d'argent et le thiocyanate est notable dans l'acétone à 80 % et le dosage s'effectue avec une précision de 1 % puisque $S_1 = 10^{-2} S_2$. Concentrations et activités ont été confondues.

CHIMIE MINÉRALE. — *Propriétés de la zircone fondue au four solaire.* Note (*) de MM. **Félix Trombe**, **Marc Foëx** et **Jean Wyart**, présentée par M. Paul Lebeau.

Bien que très réfractaire (F 2680° C), la zircone peut être facilement fondue au four solaire sans précautions spéciales, par suite de son facteur d'absorption élevé. Il est possible, par un déplacement du produit sous le rayonnement, ou encore par apport de matière [1], de réaliser une fusion continue et d'obtenir ainsi, avec un four solaire de 2 kW, des pièces céramiques réfractaires de plusieurs centaines de grammes, la vitesse de fusion atteignant 250 g : h. Pendant cette opération les impuretés de la zircone sont en grande partie volatilisées.

Les pièces de zircone fondue présentent la remarquable propriété de pouvoir être soudées entre elles par une fusion locale identique à une soudure autogène. Une telle opération semblait particulièrement difficile à effectuer sur la zircone en raison de la transformation que présente cet oxyde à haute température [2].

Afin de rechercher l'origine de ce phénomène, nous avons effectué une étude dilatométrique comparée d'un échantillon de zircone fondue au four solaire et d'une céramique de zircone frittée à 1800° C. L'utilisation d'un comparateur optique, type George et Tardy, nous a permis de mesurer les variations de longueur des éprouvettes de zircone jusqu'à 2000° C.

Dans les deux cas on observe, à température ascendante, la contraction classique, le phénomène inverse ayant lieu au refroidissement avec un certain retard (*fig.* 1). Les changements de longueur observés sont cependant bien plus faibles pour le produit fondu que pour le produit fritté, de plus ils ont lieu à plus basse température.

L'absence de craquelure dans les pièces de zircone fondue et leur solidité peut s'expliquer de la façon suivante :

Dans les deux cas (zircone fondue ou zircone frittée), la transformation dilatométrique agit pour compenser le retrait de l'oxyde au refroidissement.

Néanmoins, pour la zircone frittée, l'importance de l'anomalie dans un intervalle de température relativement restreint entraîne la rupture des céramiques. Les pièces de zircone fondue, présentant une anomalie plus faible, conservent

---

(*) Séance du 2 juillet 1951.

(1) F. Trombe, M. Foëx et C. Henry La Blanchetais, *Comptes rendus*, 216, 1948, p. 83.

(2) F. Ganbey et G. Chaudron, *XIVe Congrès Chimie industrielle*, Paris, 1934.

leur cohésion tout en bénéficiant, dans l'ensemble, de l'effet compensateur qu'elle apporte.

Le passage de la zone de transformation est accompagné aussi d'une importante anomalie électrique (*fig.* 2). Cette anomalie, à peu près aussi grande pour la zircone fondue que pour la zircone frittée, se traduit, à température ascendante, par une augmentation considérable de la conductibilité électrique (de l'ordre de 20 fois). Ce phénomène, à notre connaissance, n'avait pas encore été signalé.

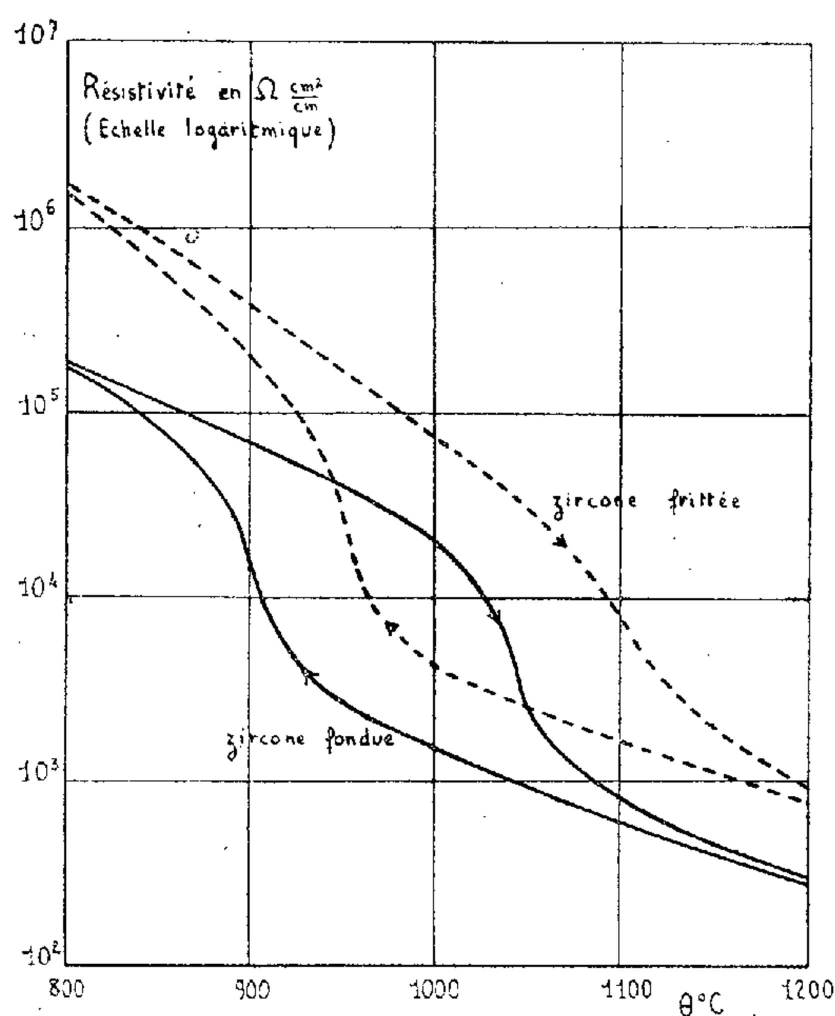


Fig. 1.

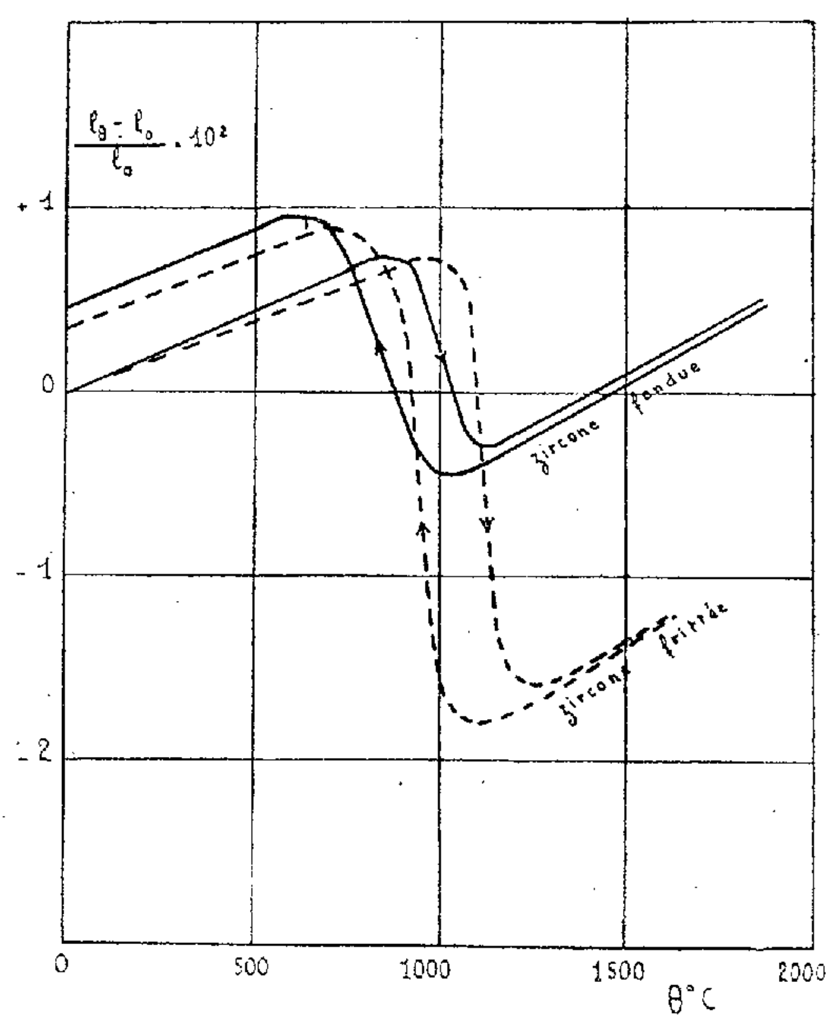


Fig. 2.

Des franchissements répétés de la zone de transformation entraînent un allongement notable de l'échantillon fondu et une augmentation importante de l'anomalie dilatométrique dont la valeur se rapproche de celle obtenue pour les échantillons frittés.

Il semblerait que la zircone fondue au four solaire subit une sorte de trempe empêchant, en partie, à basse température, sa transformation ; néanmoins l'analyse aux rayons X (effectuée à l'aide de spectres Debye-Scherrer sur le produit fondu pulvérisé), n'a permis de mettre en évidence, à la température ordinaire, que la seule forme monoclinique de la zircone (baddeleyite); d'autre part, les formes hexagonales ou vitreuses décrites par Cohn [3] n'ont pu être observées.

([3]) *Trans. Electrochem. Soc.*, 68, 1935, p. 25.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Relation entre l'hétérogénéité de la déformation plastique du fer et la valeur de son écrouissage critique. Application à la préparation de cristaux uniques.* Note (*) de MM. **Michel Mouflard** et **Paul Lacombe**, présentée par M. Albert Portevin.

Nous avons montré dans une Note précédente [1] qu'il existe deux valeurs caractéristiques de l'allongement dans la déformation par traction simple d'une éprouvette de fer présentant le phénomène de Piobert-Luders. La première, *a*, correspond à la limite élastique dite supérieure, la seconde, *b*, à l'allongement au delà duquel la déformation devient homogène.

Nous avons conclu qu'il est impossible de donner par traction simple un allongement homogène inférieur à *b* % à une bande de métal subissant le phénomène de Piobert-Luders : on obtient uniquement des plages déformées à des taux égaux à *a* % ou *b* %.

L'objet de cette Note est d'étudier les conséquences de cette répartition irrégulière de la déformation au point de vue de la préparation des cristaux uniques de fer par la méthode dite d' « écrouissage critique » [2].

Celle-ci consiste à faire subir par traction simple à une éprouvette de métal, primitivement recristallisée à grain fin (recuit préliminaire), un léger écrouissage homogène dit critique E_c suivi d'un traitement prolongé de recristallisation à une température un peu inférieure à A_3. La difficulté de former des cristaux uniques de grandes dimensions provient du fait que la valeur de E_c est de l'ordre de grandeur de *b*. Aussi, pour que l'écrouissage critique E_c s'exerce de façon uniforme sur la longueur totale de l'éprouvette, il est nécessaire, dans le cas où il y a déformation par lignes de Piobert-Luders, que la valeur de l'écrouissage critique soit au moins égale ou mieux supérieure à la valeur de *b*.

Nous avons donc examiné les facteurs susceptibles de modifier, pour un métal donné, les valeurs de E_c et *b* % et recherché s'il existe une relation entre elles.

Les valeurs de *a* et *b* observées au cours de la traction critique dépendent, non seulement de la composition chimique ainsi que beaucoup d'auteurs l'ont indiqué déjà, mais surtout de la succession des traitements mécaniques (laminage) et thermiques antérieurs conduisant à l'état initial à grain fin et aussi de la durée de vieillissement à la température ambiante du fer recristallisé à grain fin avant la traction critique. En effet, si *a* est toujours très faible (0,3 % environ), *b* est d'autant plus grand que le taux de laminage

(*) Séance du 2 juillet 1951.

(1) M. Mouflard et P. Lacombe, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1500.

(2) C. A. Edwards et L. B. Pfeil, *J. Iron and Steel*, **109**, 1924, p. 129.

avant le recuit préliminaire et la durée ou la température de ce recuit sont plus faibles. Il semble donc que la valeur de b soit liée à une subsistance partielle de l'énergie interne emmagasinée par le métal au cours de sa déformation plastique. Le tableau I donne les valeurs de b mesurées après recuit de 12 h à différentes températures et pour différents taux d'écrouissage par laminage.

TABLEAU I.

Taux de laminage (%) avant recuit	25.	44.	68.	82.
Température du recuit préliminaire.				
550°	0,92	2,5	4,2	11,0
760	1	1,1	1,5	2,5
950	0,7	0,6	1	1

L'écrouissage critique E_c, au contraire, est d'autant plus faible que l'écrouissage avant le recuit préliminaire est plus élevé (tableau II), c'est-à-dire que l'énergie interne emmagasinée par le métal est plus grande. Ainsi la limite de déformation hétérogène b et l'écrouissage critique E_c sont deux caractéristiques variant en sens inverse.

TABLEAU II.

Valeur de l'écrouissage critique pour un recuit préliminaire de 20 h à 880°C. après laminage à différents taux.

$\frac{S - S_0}{S_0}$	25	44	68	82
E_c	>4,5%	3,5	2%	1,9%

En conclusion, l'obtention de cristaux uniques de grandes dimensions est étroitement liée à la succession des traitements mécaniques et thermiques antérieurs à la traction critique. Ceux-ci doivent être adaptés à la condition $E_c \geq b$ %. D'après les résultats précédents, il semblerait donc préférable de choisir les traitements préliminaires donnant une grande marge de sécurité, c'est-à-dire tels que E_c soit nettement supérieur à b. Les plus faibles taux de laminage avant recuit préliminaire sembleraient donc plus judicieux. Cependant dans ce cas, on se heurte à une nouvelle difficulté. La dimension moyenne du grain après recuit préliminaire, plus grossière que pour les forts écrouissages, associée à une valeur plus élevée de l'écrouissage critique provoque, au cours de la traction critique, une « peau de crapaud » préjudiciable à la croissance régulière des gros cristaux. Il est donc préférable d'adopter les traitements mécaniques et thermiques tels que E_c et b soient voisins. Nous avons ainsi obtenu des éprouvettes plates

de 0,5 mm d'épaisseur, de grande surface (15 × 2 cm) rigoureusement monocristallines après laminage préliminaire de 80%, recuit de 12 h à 950°, écrouissage critique de 2 % et recuit de recristallisation de 72 h à 880°.

MÉTALLOGRAPHIE. — *A propos de la corrosion intergranulaire des austénites inoxydables.* Note de MM. **Louis Colombier** et **Joseph Hochmann**, transmise par M. Pierre Chevenard.

L'un de nous a présenté, il y a quelques années ([1]), l'hypothèse de concentrations d'éléments dans les joints des grains, lorsque l'acier a été porté à haute température. Ces concentrations proviennent des effets de tension superficielle analogues à ceux qui ont été décrits par Gibbs. Il interprétait ainsi les phénomènes de surchauffe dans les aciers. Il a développé cette théorie dans des publications ultérieures, confirmé son application à la surchauffe et à la fragilité de revenu des aciers ([2]) et montré qu'elle pouvait expliquer plusieurs autres observations, telles que l'étalement de la transformation martensitique en son début et les phénomènes réversibles observés par W. J. Harris et M. Cohen sur la variation des quantités d'austénite résiduelle en fonction de la température de chauffage avant trempe. Il a introduit la notion de « déshomogénéisation » dans les solutions solides ([3]).

Les mêmes phénomènes de ségrégations dans les joints des grains ont été observés dans les ferrites au chrome pour lesquelles les aspects micrographiques particuliers et les phénomènes de corrosion intergranulaire après traitement à 1200° sont bien expliqués par cette théorie ([4]).

La notion de « déshomogénéisation » appliquée aux austénites au chrome-nickel permet également une bonne interprétation de quelques faits imparfaitement éclairés jusqu'ici. L'aspect micrographique de certaines de ces austénites complexes carburées suggère une hétérogénéité de composition à l'intérieur des grains. C'est ainsi que l'on remarque, sur la figure ci-jointe, qui représente la structure d'un acier au chrome-nickel, du type 18/8, avec addition de tungstène, traité par chauffage à 1150°, puis refroidi rapidement, une zone blanche entourant chaque grain, tandis qu'à l'intérieur, il reste de nombreux carbures non dissous. On peut expliquer cet aspect par un appauvrissement en carbone de la zone blanche, en dessous de la limite de solubilité; cet appauvrissement se comprend très bien si

---

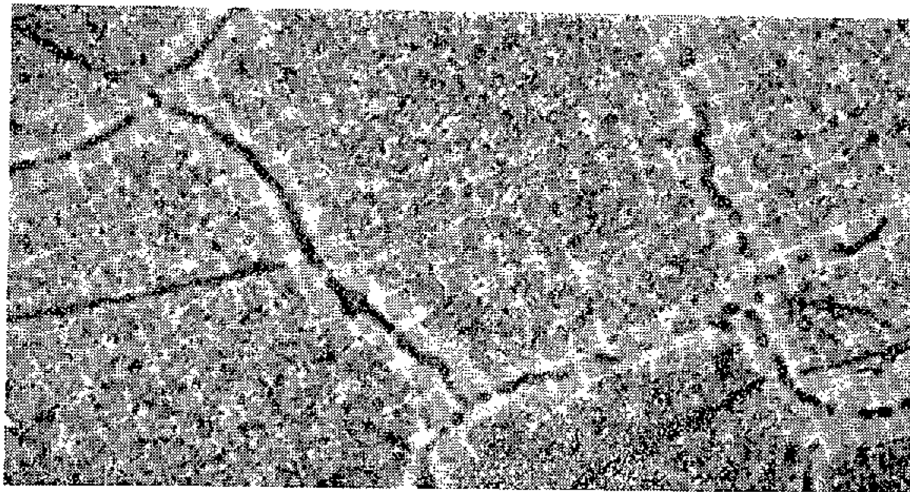
([1]) L. Colombier, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 999.

([2]) *Bulletin Cercle d'études des Métaux*, 4, 1946, p. 229 et 3887.

([3]) *Homogénéisation et déshomogénéisation dans les aciers* (*Semaine d'Étude de la physique des métaux C. N. A. M.*, Paris, 1949, p. 91-103; *Métaux et Corrosion*, 25, 1950, p. 295-307.)

([4]) J. Hochmann, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1950; *Bull. C. E. M.*, 5, 1950, p. 221-281.

l'on admet que le carbone est concentré dans les joints eux-mêmes, aux dépens de la zone voisine, par les effets de tension superficielle que nous avons supposés.



Micrographie au grossissement 600 d'une austénite complexe (C 0,30; Cr 18; Ni 8; W 4 %) traitée à 1150° avec trempe à l'eau. (Attaque oxalique électrolytique.)

Cette même ségrégation du carbone dans les joints nous fournit une explication de certains phénomènes de corrosion intergranulaire de ce type d'aciers inoxydables. On sait que ces aciers, chauffés à haute température (950 à 1150°), puis maintenus vers 500 à 800°, deviennent sensibles à des attaques par certains réactifs qui désagrègent le métal en dissolvant sélectivement les parties extérieures des grains. Ces attaques s'observent, en particulier, dans les parties voisines des cordons de soudure qui, lors de l'opération de soudage à l'arc ou au chalumeau ont été précisément portées à des températures de cet ordre même pendant très peu de temps.

Cette corrosion intergranulaire est expliquée par la précipitation de carbures de chrome dans les joints des grains avec appauvrissement en chrome de la zone contiguë qui devient ainsi attaquable. Pour des maintiens dans la zone de sensibilisation assez prolongés, cette théorie a reçu des appuis incontestables, d'une part à la suite de l'isolement par voie chimique du carbure de chrome, d'autre part à la suite de la mise en évidence des hétérogénéités par les méthodes magnétométriques de M. Chevenard et de ses collaborateurs ([5]) sur des austénites ferromagnétiques riches en nickel.

Pourtant, si l'on admet l'homogénéité de l'austénite initiale, on se représente mal comment, dans un temps très court de maintien dans la

---

([5]) X. Waché, *Sur quelques facteurs de la résistance au fluage des alliages austénitiques tenaces à chaud* (*Congrès de l'Association pour l'Encouragement à la recherche aéronautique*, 24-26 janvier 1951); P. Chevenard et X. Waché, *Sur quelques phénomènes d'ordre physicochimique et structural qui affectent la résistance mécanique aux températures élevées des austénites tenaces à chaud* (*Schweiz-Verbaud für die Materialprüfungen der Teknik*, 171 *Diskussiontag*, 20 avril 1951, Zürich).

zone dangereuse, comme cela se produit en particulier dans la soudure à l'arc, il peut y avoir une diffusion aussi instantanée du carbone et du chrome, surtout à des températures relativement basses.

Au contraire, si l'austénite est hétérogène et si le carbone est déjà concentré dans les joints, avant le revenu de sensibilisation il peut précipiter *in situ*, sans avoir besoin de diffuser. Dans la phase tout à fait initiale du phénomène, cette précipitation pourrait se faire, soit sous forme de carbure de chrome aux dépens du chrome immédiatement voisin, soit sous forme de carbure de fer ou même de carbone, la grande corrodabilité pouvant être alors expliquée par l'état de tension que provoque cette précipitation. Ce n'est que lors de maintiens plus prolongés que le chrome pourrait, à son tour, diffuser grâce à la rupture d'équilibre que provoque la précipitation initiale.

Ainsi, nous pensons que la théorie de la déshomogénéisation des solides aux températures élevées permet une compréhension satisfaisante de la phase initiale du processus de sensibilisation des aciers austénitiques. Cette sensibilisation peut avoir lieu, suivant la théorie exposée, sans faire intervenir des phénomènes de diffusion; il est possible ainsi d'éviter une des faiblesses de la théorie de déchromisation généralement admise.

MÉTALLURGIE. — *Étude de l'homogénéisation des ségrégations dendritiques de phosphore et d'arsenic dans les aciers au carbone.* Note (*) de M. **André Kohn**, présentée par M. Albert Portevin.

La méthode autoradiographique convient particulièrement bien pour distinguer dans les aciers la ségrégation du phosphore, de celle de l'arsenic. Elle a permis de montrer que la diffusion du phosphore au sein du métal peut être réalisée par un recuit convenable, tandis que celle de l'arsenic est plus difficile à obtenir.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons indiqué les conditions d'utilisation de la méthode autoradiographique pour l'étude des ségrégations dans les alliages métalliques, notamment dans les aciers. La technique opératoire en a été précisée dans une autre publication ([2]). Cette méthode a été employée pour l'étude de l'homogénéisation par diffusion des ségrégations dendritiques de phosphore et d'arsenic dans les aciers.

Conditions des essais. — Les essais ont porté sur trois lingots d'acier au carbone, d'un poids d'environ 5 kg, ayant la composition chimique suivante :

(*) Séance du 2 juillet 1951.

([1]) A. Kohn, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2201.

([2]) A. Kohn, *Revue de Métallurgie*, 48, 1951, p. 219-235.

Lingot.	C.	P.	S.	Mn.	Si.	Al.	As.
A.....	0,38	0,094	0,019	0,020	0,33	0,10	–
B.....	0,57	0,016	0,020	0,013	0,21	0,25	0,100
C.....	0,41	0,091	0,029	0,014	0,27	0,30	0,107

Le phosphore et l'arsenic ont été activés par irradiation en neutrons lents dans la pile atomique de Châtillon. Les sections efficaces de capture de ces deux éléments et les périodes des radioéléments obtenus ont conduit à opérer de la façon suivante : le radiophosphore a été introduit dans les fusions sous forme de ferrophosphore à 17 % P, irradié pendant 20 jours. L'activation de l'arsenic a été réalisée à l'intérieur même des échantillons traités et préparés, par irradiation de 2 jours. Dans ces conditions, il a été possible d'étudier séparément, sur les mêmes échantillons (lingot C), la ségrégation de l'arsenic et celle du phosphore, l'arsenic ayant été activé après disparition de l'activité du phosphore.

Les lingots ont été obtenus dans un petit four à haute fréquence par fusion de fer Armco, recarburation et additions de ferrophosphore radioactif et de ferroarsenic; le métal s'est solidifié très lentement dans le creuset même du four. Dans les lingots ainsi obtenus, on a découpé des plaquettes d'environ 2 cm^2 de surface et 2 mm d'épaisseur, qui furent chauffées pendant des durées variables (entre 2 et 70 h) à 1125, 1200, 1275°, en atmosphère confinée pour empêcher l'oxydation et limiter la décarburation.

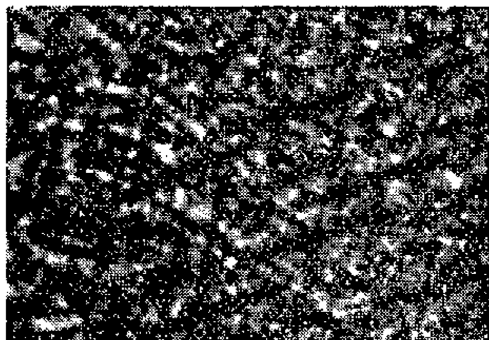
Résultats. — L'examen des autoradiographies obtenues sur ces trois lingots confirment que la vitesse d'homogénéisation est d'autant plus grande que la température de recuit est plus élevée, et montre que l'arsenic diffuse beaucoup plus lentement que le phosphore. Ce résultat, qui apparaît nettement lorsque l'on compare les autoradiographies des lingots A et B, est mis en évidence de façon caractéristique par la comparaison des deux séries d'autoradiographies du lingot C.

Les images de la ségrégation du phosphore obtenues sur des plaquettes témoins de ce lingot n'ayant pas subi de recuit, sont légèrement plus contrastées que celles représentant la ségrégation de l'arsenic (ce dernier élément émet un rayonnement γ qui crée un voile de fond parasite). Mais toutes les autoradiographies réalisées sur les plaquettes traitées montrent des images plus floues dans le cas du phosphore, que dans celui de l'arsenic. En particulier, après 16 h à 1275°, 32 h à 1200° ou 70 h à 1125°, la ségrégation du phosphore est très affaiblie, tandis que celle de l'arsenic est encore nettement visible (*voir* figures). Après 70 h à 1275° ou 1200°, l'homogénéisation du phosphore est pratiquement complète, alors que la ségrégation de l'arsenic, bien que très atténuée, est encore discernable.

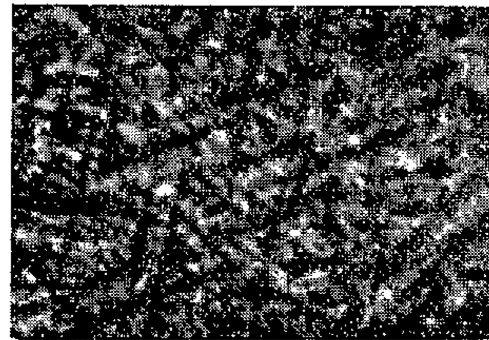
Ces résultats sont en accord avec les données que l'on possède actuel-

lement sur les dimensions atomiques relatives du phosphore et de l'arsenic. L'arsenic ayant en effet un diamètre atomique, plus grand que celui du phosphore, on peut penser que sa vitesse de diffusion est plus faible.

Acier C : Sans recuit d'homogénéisation.

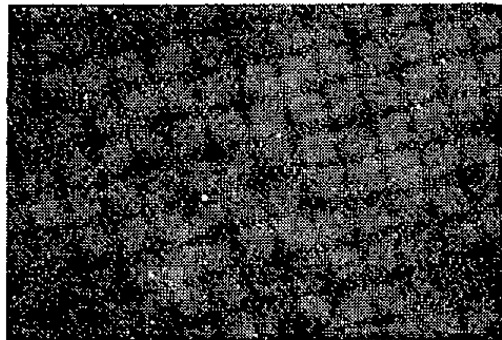


Ségrégation du phosphore.

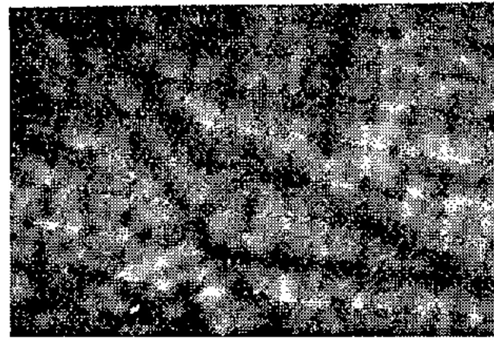


Ségrégation de l'arsenic.

Acier C : Après recuit de 16 heures à 1275°.



Ségrégation du phosphore.

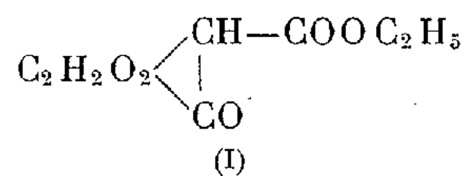


Ségrégation de l'arsenic.

Notons qu'à l'occasion de cette étude, nous avons constaté que les réactifs macrographiques classiques aux sels de cuivre (Stead, Dickenson, Humphrey) donnent des images analogues sur des aciers présentant des ségrégations de phosphore ou d'arsenic.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation de l'urée avec l'ester cétoparaconique.* Note (*) de MM. **Henry Gault** et **Michel Suquet**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que la condensation de l'urée avec un aldéhyde acyclique ou aromatique et un ester β-cétonique (oxalacétique ou acétylacétique) conduit à des esters cétopyrimidine-mono- et dicarboxyliques ([1]), ([2]). Nous avons cherché à appliquer cette réaction au système urée-ester cétoparaconique



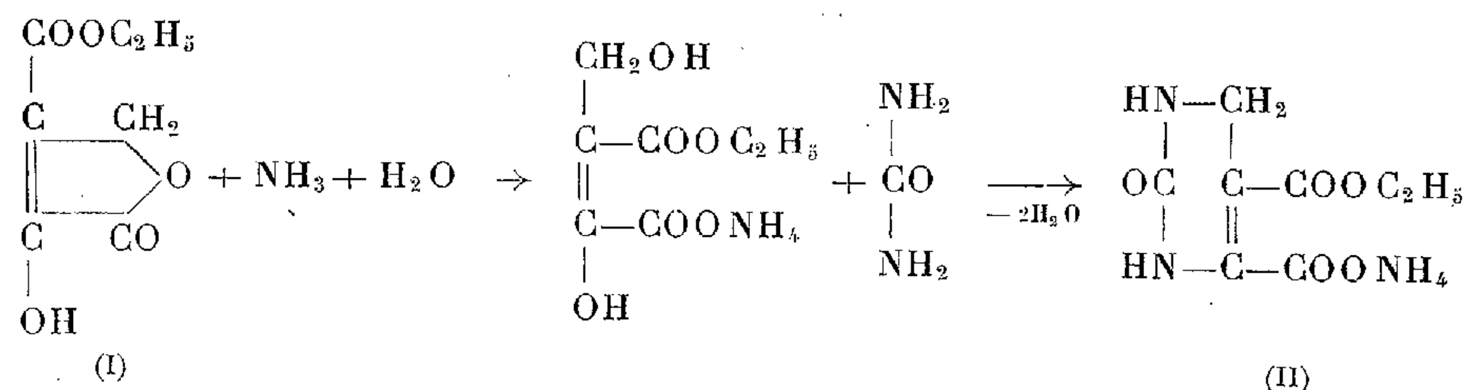
$$C_2H_2O_2\langle \begin{array}{l} CH-COOC_2H_5 \\ | \\ CO \end{array} \quad (I)$$

(*) Séance du 2 juillet 1951.

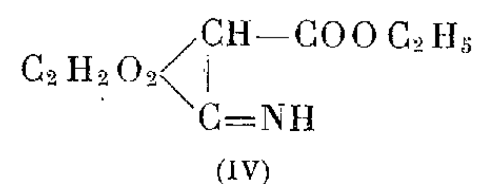
([1]) Biginelli, *Gazzetta chimica italiana*, 23, 1893, p. 360-516.

([2]) Folkers, Harwood et Johnson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 3751.

produit de la condensation ester oxalacétique-formaldéhyde. Nous avons ainsi obtenu, entre autres, le sel d'ammonium (II) de l'ester-acide céto-2 tétrahydro-1.2.3.4 pyrimidine-dicarboxylique-5.6 (III), dont la formation s'explique comme suit : ouverture de la chaîne lactonique de l'ester (I) sous l'action de l'ammoniac engendré par la décomposition partielle de l'urée, puis double élimination d'eau



Dans les conditions expérimentales que nous décrivons ci-après, il peut, en outre, se former simultanément une petite quantité d'ester cétiminoparaconique



par élimination d'eau entre la molécule d'ammoniac et le carbonyle cétonique.

Modes opératoires. — 1. On chauffe au bain d'huile à 115°, sous agitation et jusqu'à fusion pâteuse, un mélange intime de 1 mol d'ester (I) et de 1 mol d'urée secs. On maintient ensuite le chauffage pendant 6 h environ, la température du bain d'huile étant ramenée à 90-105°. On observe pendant l'opération un dégagement de gaz (CO_2, N_2) et de vapeurs (eau, alcool). La pâte résiduaire est ensuite traitée par l'alcool absolu au reflux. La cétimine (IV) se dissout tandis que la pyrimidine (II) reste insoluble. On essore la suspension bouillante et lave l'insoluble à l'alcool absolu bouillant. La cétimine (IV) cristallise par refroidissement des solutions alcooliques. Le rendement en (II) est de 26 % et en (IV), recristallisé dans l'eau, de 5 à 7 %.

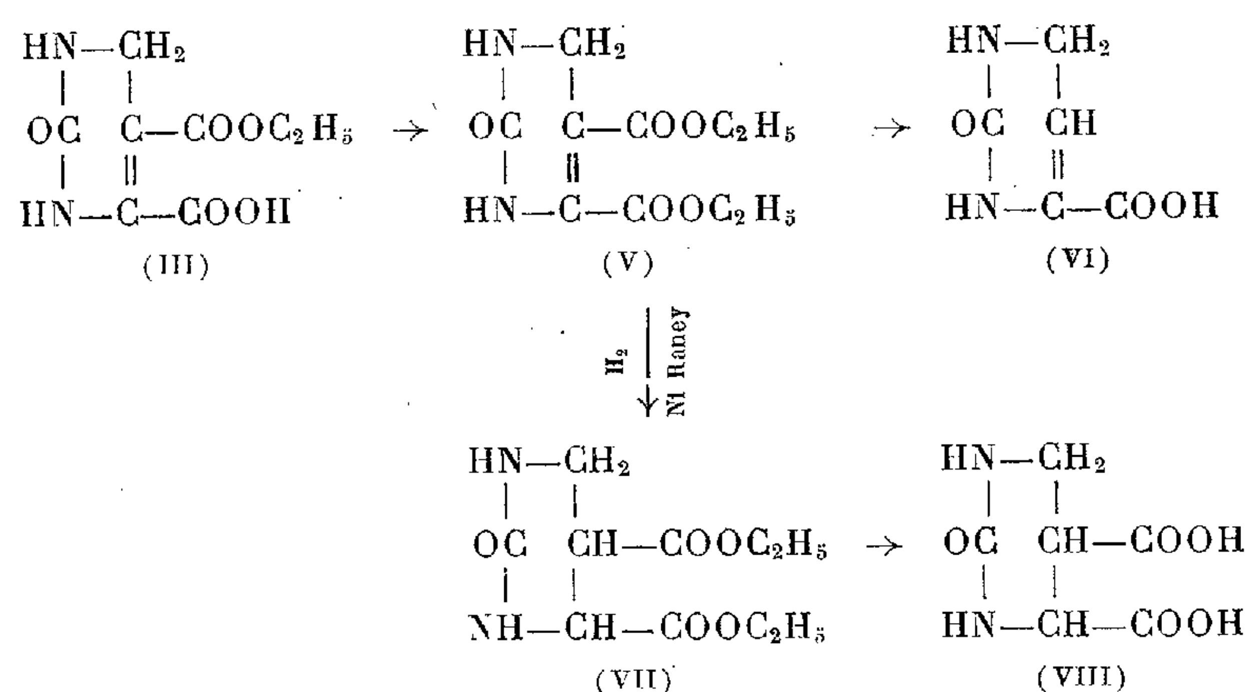
2. On améliore le rendement en pyrimidine (II) en mettant en œuvre 2 mol d'urée pour 1 mol d'ester (I). La fusion, maintenue à 97-110° pendant 2 à 4 h, conduit à un rendement de 53% en pyrimidine. On n'isole pas de cétimine (IV).

3. On fait passer pendant 30 mn un violent courant d'ammoniac dans l'ester (I) fondu et maintenu à 110-115°. L'opération terminée, on traite le magma pendant 2 à 3 h par l'alcool absolu à reflux. On essore la suspension bouillante, lave avec de l'alcool chaud l'insoluble qui, dans ce cas, est constitué non par la pyrimidine, mais par l'énolate d'ammonium correspondant à l'ester (I). Cétimine (IV) : 5 %.

Ester-acide céto-2 tétrahydro-1.2.3.4 pyrimidine-dicarboxylique-5.6 (III) obtenu par action de l'acide chlorhydrique sur son sel d'ammonium (II) (F 228-230° inst. avec déc.); il fond à 218° (F inst. avec déc.) et est titrable à la soude N/10. $p_K = 1,9 \pm 0,15$ (à 15°).

A partir de l'acide pyrimidique (III), nous avons effectué une série de

réactions que nous rassemblons dans le tableau synoptique suivant :



*Ester céto-2 tétrahydro-*1.2.3.4 *pyrimidine-dicarboxylique-*5.6 (V) F 122° (alcool). *Acide céto-2 tétrahydro-*1.2.3.4 *pyrimidine-carboxylique-*6 ou 5 (VI). N'a pu être obtenu rigoureusement pur; F 280-285° (inst. déc.) $p_K = 3,1$ (à 15°). *Ester céto-2 hexahydropyrimidine-dicarboxylique-*5.6 (VII). (Ni R 100-135°, 130-150 kg, Rdt 69-75 %) F 114-116° inst. *Acide céto-2 hexahydropyrimidine-dicarboxylique* (VIII) F 264-270° (inst. déc.) $p_{K_1} = 2,95 \pm 0,1$, $p_{K_2} = 4,95 \pm 0,1$ (à 15°). *Ester cétiminoparaconique* (IV) F 150-151°. L'hydrolyse par HCl à 50 % conduit à la cétobutyrolactone caractérisée par sa phénylhydrazone (F 240° inst.).

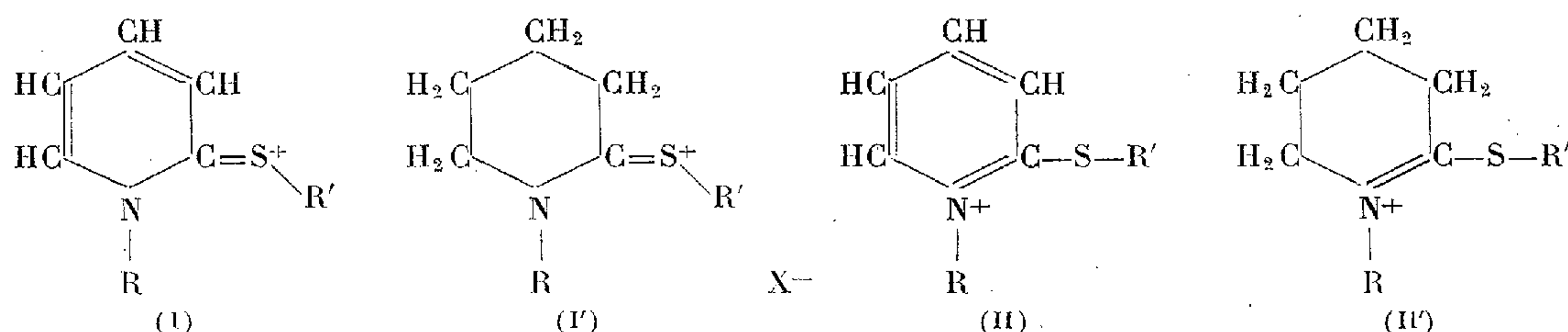
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une modalité réactionnelle particulière des thiopyridones-2 et des thiopipéridones-2 substituées à l'azote.* Note de M. **Jean Renault**, transmise par M. Marcel Delépine.

Contrairement aux dérivés oxygénés correspondants, les N-alcoylthiopyridones-2 et les N-alcoylthiopipéridones-2 se combinent aux halogénures d'alcoyles. Les dérivés d'addition se comportent tantôt comme sulfoniums, tantôt comme ammoniums quaternaires. La constitution de ces corps est discutée.

O. Fischer (1) et J. A. Gautier (2) ont insisté sur l'inaptitude des pyridones-2 et des pipéridones-2 substituées à l'azote à se combiner avec les halogénures d'alcoyles, qui, comme on le sait, se fixent facilement sur l'azote du noyau pyridique. Or nous avons constaté que les thiopyridones-2 et les thiopipéridones-2 N-substituées, s'additionnent, avec facilité, les carbures halogénés, une molécule de thiodérivé s'unissant à une molécule d'halogénure. Cette réaction posait le problème de la structure des dérivés formés.

(1) *Ber. D. Chem. Gessel.* 35, 1902, p. 3677.
(2) *Thèse doctorat* (*Sciences*), Paris, 1937.

Si l'on écarte, comme peu probable, une formule carbénium dans laquelle la charge positive serait portée par le carbone 2, deux structures peuvent représenter ces combinaisons : sulfonium (I, I'); ammonium (II, II').



Nous verrons qu'aucune ne peut, à elle seule, rendre compte des propriétés chimiques de ces dérivés.

Du fait de l'inertie des pyridones et pipéridones, la structure (I, I') paraissait plus probable; d'ailleurs, sous l'action des bases, les thiodérivés halogéno-alcoylés se scindent quantitativement et avec la plus grande régularité en mercaptan R'SH et pyridone-2 ou pipéridone-2, alors que dans de pareilles conditions, les pyridiniums tels que (II, II') sont seulement résinifiés ([3]). Nous avons cependant constaté une grande différence de stabilité entre les halogénoalcoylates des N-alcoylthiopyridones-2 et ceux des N-alcoylthiopipéridones-2. Les premiers sont stables à l'air et résistent à l'hydrolyse acide; ils ne sont scindés que par les bases fortes (OHNa, OAg_2). Les seconds, au contraire, se décomposent déjà à l'air humide et sont hydrolysés par les acides minéraux ou par les bases même faibles (CO_3HNa).

La structure ammonium quaternaire (II) a été proposée par Michælis ([4]) pour l'iodométhylate de N-méthylthiopyridone (II, $R = R' = CH_3$). Il se fondait sur la pyrolyse de ce dérivé en ICH_3 et en sulfure de méthyle et de pyridyle-2. Or nous avons constaté que la décomposition thermique de l'iodoéthylate de N-méthylthiopyridone-2 ($R = CH_3$, $R' = C_2H_5$) conduit à deux iodures d'alcoyles (ICH_3 et IC_2H_5) et à deux sulfures (sulfure de méthyle et de pyridyle-2 et sulfure d'éthyle et de pyridyle-2). Il en est de même pour l'iodobutylate normal de N-méthylthiopyridone-2. L'argument de Michælis ne peut être retenu comme preuve de la structure « ammonium » des dérivés considérés. Ces expériences peuvent être interprétées par la formation d'ions I^-, $(C_5H_4N)S^-$, R^+, R'^+, qui se recombinent selon leur affinité.

La structure (II) et (II') ne doit pas cependant être rejetée. Le sulfure d'alcoyle et de pyridyle-2 et le sulfure d'alcoyle et de tétrahydro-3.4.5.6 pyridyle-2 (R' étant le radical alcoyle) se combinent en effet à l'iodure d'alcoyle (IR) pour donner un dérivé identique à celui obtenu par action de l'iodure

---

([3]) A. Hantzsch et M. Kalb, *Ber. D. Chem. Gesel.*, **32**, 1899, p. 3109.

([4]) A. Michælis et A. Holken, *Ann.*, **331**, 1904, p. 245.

d'alcoyle (IR') respectivement sur la N-alcoylthiopyridone-2 ou la N-alcoylthiopipéridone-2 (R étant le radical fixé à l'azote). De plus, sous l'action du ferricyanure en milieu alcalin, selon Decker ([5]), l'iodométhylate de N-méthylthiopyridone-2 conduit à une N-méthyl-S-méthyl-2 pyridone-6 (F 74°). Ces réactions sont en faveur de la formule ammonium.

Ainsi les halogénoalcoylates de N-alcoylthiopyridones-2 ou de N-alcoylthiopipéridones-2 se comportent tantôt comme des sulfoniums, tantôt comme des ammoniums quaternaires. Une formule telle (I, I'), telle (II, II') est donc insuffisante à elle seule. D'après la théorie de la mésomérie, la charge positive ne serait placée ni sur le soufre ni sur l'azote, mais oscillerait sur la molécule entière. La différence de stabilité existant entre les dérivés de la série insaturée et ceux de la série saturée peut s'expliquer par le fait que les formules mésomères limites (I, I'), (II, II') représentent dans un cas un noyau pyridonique ou pyridique stable et dans l'autre un cycle pipéridonique ou tétrahydropyridique dont la fragilité est bien connue.

Dérivés des N-alcoylthiopyridones-2 (Formule I ou II) :

$C_7H_{10}NSI$ ($R = R' = CH_3, X = I$), F 156°, $C_8H_{12}NSI$ ($R = CH_3, R' = C_2H_5, X = I$), F 105°.
$C_{10}H_{16}NSI$ ($R = CH_3, R' = C_4H_9{}^n, X = I$), F 97°.
$C_8H_{12}NSI$ ($R = C_2H_5, R' = CH_3, X = I$), F 162°.
$C_9H_{14}NSI$ ($R = C_3H_7{}^n, R' = CH_3, X = I$), F 138°.
$C_{10}H_{16}NSI$ ($R = C_4H_9{}^n, R' = CH_3, X = I$), F 139°.

Dérivés des N-alcoylthiopipéridones-2 (Formule I' ou II') :

$C_7H_{14}NSI$ ($R = R' = CH_3, X = I$), F 158-159°.
$C_8H_{16}NSI$ ($R = C_2H_5, R' = CH_3, X = I$), F 129-130°.
$C_9H_{18}NSI$ ($R = C_3H_7{}^n, R' = CH_3, X = I$), F 88-89°.
$C_{16}H_{24}NSBr$ ($R = C_4H_9{}^n, R' = C_6H_5CH_2, X = Br$), F 130-133°.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution géologique de la région Mandoto-Ramartina (Madagascar).* Note (*) de M. **Jean Guigues**, transmise par M. Henri Besairie.

Le centre de Madagascar présente, entre Antsirabe et les escarpements occidentaux du Bongolava, deux formations métamorphiques plissées, séparées par une discordance, à savoir une série ancienne du système androyen précambrien et la série schisto-quartzo-calcaire paléozoïque. Des intrusions granitiques et gabbroïques les ont traversées à différentes époques.

1. Le système androyen comprend ici des formations métamorphiques à faciès Vohimena passant progressivement vers le bas à des migmatites.

([5]) H. Decker, *J. Prakt. Chem.*, 47, 1893, p. 29.

(*) Séance du 21 mai 1951.

On y sépare : Au sommet, la série du Valabetokana (Micaschistes à deux micas, quartzites à muscovite-micaschistes à biotite, quartzites-trémolitites, quartzites à magnétite). La série du Vakinankaratra forme la partie moyenne avec des gneiss à deux micas et au-dessous des gneiss à biotite, amphibole, parfois à grenat et à graphite. Enfin, à la base, des migmatites schisteuses (diadysites et surtout embréchites) recouvrent des migmatites granitoïdes (embréchite à fort pourcentage d'apport). Le front des migmatites s'abaisse lentement de la base des micaschistes aux gneiss quand on va de l'Itasy au Vakinankaratra ou vers Ramartina. Immédiatement audessus du front il est remarquable de constater partout la présence de l'or, soit disséminé en particules microscopiques dans la roche, soit concentré dans des veines de quartz.

2. La série schisto-quartzo-calcaire, discordante sur le socle ancien, montre un grand développement au Sud de Mandoto et dans le Bongolava. La partie supérieure, épaisse de 300 m, comprend des quartzites à traces de stratification entrecroisée avec lentilles de micaschistes, superposés à des micaschistes à muscovite ou à deux micas avec petits bancs de quartzites micacés. La partie inférieure, épaisse de 400 m débute par des cipolins dolomitiques et siliceux avec intercalations de quartzites et d'amphibolites trémolitiques et montre à la base des amphibolites à trémolite actinote et des micaschistes. Cette série a subi un double métamorphisme : régional peu intense d'abord et ensuite actions de contacts granitiques qui se traduisent par la présence de tourmaline noire, de quartz rose et cristal de roche dans les quartzites, de silicates calcomagnésiens dans les cipolins.

3. Les intrusions anciennes recoupant le système androyen sont des granites monzonitiques foliés, en feuillets ou en batholite concordants qui donnent dans les roches de bordure des faciès migmatitiques éminemment variables. Le granite d'Ambohimasina à structure porphyroclastique renferme des enclaves basiques incomplètement assimilées; son domaine coïncide avec la zone des pegmatites uranifères au Nord-Est de Mandoto. Les granites du Vavavato et du Sahapilo sont des variétés à pyroxène présentant des déformations typiques depuis le stade porphyroclastique jusqu'au stade granoblastique avec ou sans résidu. Une perthite spéciale (microcline-oligoclase) semblant liée à la déformation mécanique y est caractéristique. Les faciès syenitiques (monzonites) associés sont fréquents. Les gabbros anciens forment des filons ou des petits massifs; ils sont toujours fortement déformés et transformés en orthoamphibolites.

4. Les intrusions récentes recoupant la série schisto-quartzo-calcaire sont nombreuses. Un granite monzonitique à biotite et amphibole de type andringitréen, forme un important batholite au Sud de Ramartina; il a subi un début de recristallisation granoblastique. Les pegmatites

potassiques associés renferment de la tourmaline et de la muscovite. Il existe aussi des pegmatites sodolithiques probablement plus récentes (Anjanabonoina). Parmi les gabbros récents, non déformés mais en voie d'ouralitisation, existent les filons pegmatoïdes à fer titané de Vongoho, les pyroxénolites, webstérites et spessartites du Vakinankaratra. Les volcans de l'Ankaratra et de l'Itasy ont surgi au Néogène et ont épanché des laves jusqu'au Quaternaire ancien.

5. En ce qui concerne la tectonique, le socle ancien montre une structure en plis déversés vers le Nord dans la région de Soavina, vers l'Est ou le Nord-Est ailleurs. La série schisto-quartzo-calcaire est affectée par un plissement analogue mais moins accentué. On n'observe, sur 250 km, qu'une dizaine de plis orientés Nord-Ouest et déversés vers l'Est. Cet ensemble moule le contour des intrusions granitiques et présente une structure en amande surimposée au plissement initial, parfois visible sur les photos aériennes. Une troisième phase tectonique est décelable dans le Bongolava, surtout marquée par l'apparition de failles nombreuses jalonnées par des zones de mylonites.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur certains phénomènes d'évolution deltaïque.* Note (*) de M. **André Rivière** et Mme **Lucien Razavet**, née **Christiane Duboul**, présentée par M. Charles Jacob.

L'évolution deltaïque est parfois compliquée par la formation de bras périlittoraux dont l'orientation dépend du régime des vents et qui ont tendance à se transformer en bras mort à plus ou moins longue échéance. Cette Note examine le rôle de ces structures dans la partie Ouest du delta du Rhône.

Les observations, faites au Grau de Roustan (1) ainsi qu'en d'autres points de la côte méditerranéenne française (2), nous ont montré que certaines embouchures ont tendance, sous l'effet des actions hydrodynamiques déclenchées par les vents, à se déplacer dans la direction vers laquelle soufflent ceux-ci. Les petites embouchures peuvent ainsi subir alternativement des déplacements en sens opposés, tandis que pour les plus importantes, on observe surtout en définitive, les déplacements résultants qui, dans les régions étudiées, se font principalement d'Ouest en Est, suivant le sens des vents dominants.

Les phénomènes sont parfois très différents. Au débouché de certaines embouchures, sur les côtes basses, favorables à l'existence de rides sous-marines littorales, on voit parfois le courant s'écouler parallèlement à la

(*) Séance du 2 juillet 1951.

(1) Mme L. Razavet, née Chr. Duboul, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1238.

(2) A. Rivière, Observations inédites.

côte, endigué en quelque sorte par sa barre d'embouchure raccordée dissymétriquement à une ride littorale qui, recevant les apports fluviaux par son bord interne, tend à évoluer rapidement pour se transformer parfois en une véritable levée deltaïque isolant entre elle et l'ancien rivage un *bras périlittoral* dont le développement peut être parfois considérable (*fig.* 1). C'est visiblement de cette manière que se sont constitués le bras mort de l'Argens (doublé en 1949-1950 par un second et court bras mort aujourd'hui à peu près comblé), ainsi que le bras mort de l'Ouest du delta du Var ([2]). Les anciens bras latéraux du Vieux-Rhône d'Aigues-Mortes (Rhône de la Ville et Rhône mort de Saint-Roman) ainsi que, plus au Nord, le petit bras mort de Sylvéréal, le bras à peu près comblé qui, se détachant à l'Ouest du Grau de la Dent, s'étend par les étangs de Sainte-Anne et de Beauduc, en suivant la direction des anciens rivages, jusque dans la Laune, se sont probablement formés de cette façon. Il semble en être encore de même des diramations latérales de l'ancien Grau de Piémanson : l'aspect de la diramation de l'Ouest est typique sur certaines cartes anciennes.

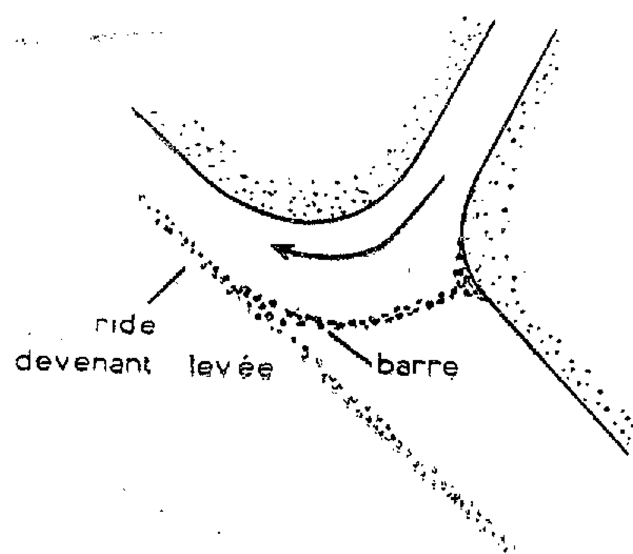


Fig. 1.

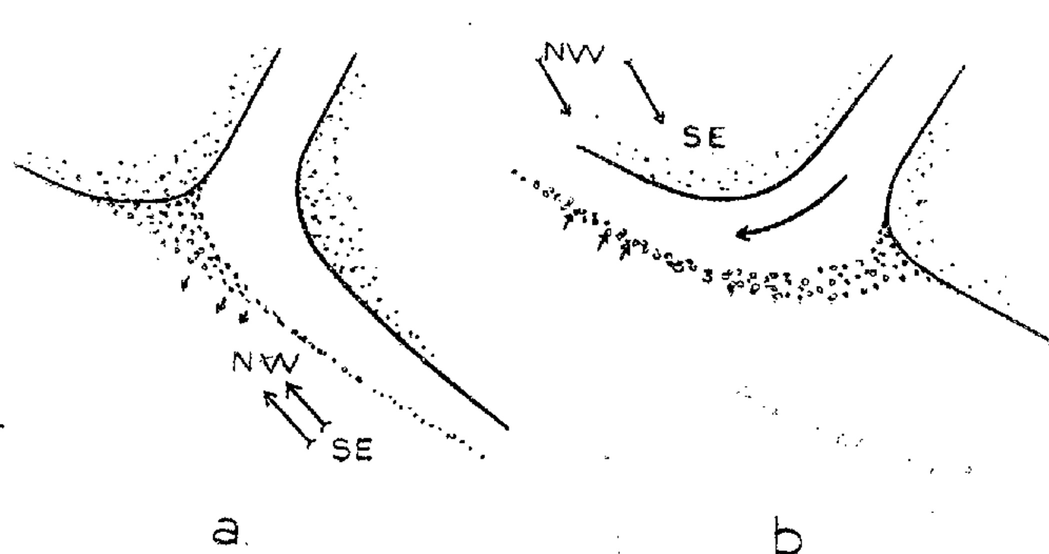


Fig. 2.

Ces bras périlittoraux sont le plus généralement orientés vers le secteur Ouest, bien que des ébauches temporaires, dirigées en sens inverse, aient pu être parfois observées. Ceci s'explique facilement par le fait que les vents du Sud-Est soufflant du large (*fig.* 2 *a*) entraînent généralement une érosion intense des structures côtières, particulièrement active sur une embouchure ouverte dans cette direction, tandis que les vents du secteur opposé n'agissent que faiblement sur les embouchures orientées en sens inverse (*fig.* 2 *b*). Les phénomènes d'apport sédimentaire qui se produisent alors (ces vents soufflant surtout du continent vers la mer) ne peuvent d'ailleurs que favoriser la conservation ou même l'engraissement de la levée périlittorale, tout comme ils favorisent le développement des rides sous-marines littorales (ridains au sens de de Rouville). Lorsque

la sédimentation est suffisamment active, la levée peut s'élargir progressivement et devenir définitive.

Malgré certaines similitudes apparentes, le phénomène est assez différent, à la fois par son mécanisme propre et par sa rapidité d'évolution, de la classique et progressive avancée d'un cordon ou d'une flèche littorale en travers d'une embouchure.

Les phénomènes décrits semblent surtout affecter, tout au moins dans les régions étudiées, des embouchures d'importance moyenne ou faible. Il est facile de comprendre qu'un débit important, solide et liquide, serait assez peu favorable à ce mode d'évolution dont le simple aspect de la carte montre la fréquence au cours de l'histoire des bras relativement instables de l'Ouest du delta du Rhône, alors qu'il ne semble avoir joué qu'un rôle secondaire ou nul dans la morphologie de la partie orientale du delta, où le Grand Rhône a été beaucoup moins instable et a sans doute présenté un débit plus continuement abondant. Enfin, l'existence et l'orientation relativement uniforme de la plupart de ces anciens bras périlittoraux de la partie occidentale du delta semblent être un argument en faveur de l'existence, depuis des temps déjà très reculés, d'un régime météorologique voisin du régime actuel.

PÉTROGRAPHIE. — *Composition chimique de la lave génératrice des pépérites de Limagne.* Note de M. **Robert Michel**, présentée par M. Charles Jacob.

L'analyse chimique du verre volcanique entrant dans la constitution de deux pépérites de Limagne montre que la lave génératrice de ces roches est un trachyandésite et non un basalte.

Les pépérites, roches fréquentes dans le Stampien de la Limagne de Clermont-Ferrand, sont typiquement constituées par des fragments anguleux de verre volcanique inclus dans une gangue calcaire ou marno-calcaire, plus ou moins siliceuse. On pense actuellement que la plupart d'entre elles résultent de l'émiettement d'une lave au cours de son intrusion dans les sédiments encore plastiques des lacs oligocènes. Jusqu'ici, sans aucune preuve pétrographique, on a admis que cette lave était un basalte. Seul, A. Lacroix [1] a suggéré, en 1900, après la découverte de néphélinites au Puy de Saint-Sandoux, qu'une partie des pépérites pourrait être rapportée « à des néphélinites plutôt qu'à des basaltes feldspathiques ». Depuis lors, cette question n'a fait l'objet d'aucune étude complémentaire.

L'étude de plusieurs gisements pépéritiques m'a permis de recueillir des échantillons assez frais pour soumettre leur partie éruptive, convenablement

(1) *Comptes rendus*, 131, 1900, p. 283.

séparée, à l'analyse chimique. C'est là, en effet, le seul moyen d'obtenir des éléments de détermination, en raison de la texture vitreuse de ces roches. Je donne ci-dessous les résultats de deux analyses effectuées sur les pépérites du Puy de Pilaire et du Puy de Saint-Sandoux (Puy-de-Dôme).

Dans le premier de ces gisements, les pépérites se présentent, près du centre d'émission, sous l'aspect inhabituel d'une roche compacte, sombre, semblant très homogène; l'examen au microscope permet toutefois de distinguer d'une part la gangue, peu abondante. formée de calcite finement grenue mêlée d'éléments argileux, et d'autre part les fragments de lave constitués par un verre limpide, de couleur brune légèrement bulleux; les plus gros de ces fragments ont un volume de l'ordre du centimètre cube, mais ils existent aussi en granules minuscules qui, disséminés dans la gangue, lui confèrent sa teinte sombre. Au Puy de Saint-Sandoux, les pépérites ont un faciès plus classique car le ciment, marno-calcaire, est très abondant; les fragments d'obsidienne présentent les mêmes caractères microscopiques qu'au Puy de Pilaire.

	a.	b.		a.	b.
SiO_2	42,77	49,53	K_2O	3,36	2,48
Al_2O_3	18,49	19,86	TiO_2	2,65	3,66
Fe_2O_3	5,36	2,45	P_2O_5	0,36	0,79
FeO	7,28	1,98	MnO	0,14	0,08
MgO	2,61	5,72	H_2O^+	1,09	0,28
CaO	8,57	8,06	H_2O^-	5,44	3,72
Na_2O	1,23	1,43	Total.......	99,35	100,03

a. *Obsidienne trachy-andésitique* (Pépérite du Puy de Pilaire). Analyse nouvelle : C. Rouger. Paramètres magmatiques : II.5.4.2(3) [3.1.'3.3'].

b. *Obsidienne trachy-andésitique* (Pépérite du Puy de Saint-Sandoux). Analyse nouvelle : C. Rouger. Paramètres magmatiques : II.(4)5.4.3 [2(3).1.1.'2].

Le calcul de la norme américaine à partir des analyses ci-dessus montre que la teneur en barylites est respectivement de 27,37 et 24,16 %. Ceci permettrait, étant donné la valeur du paramètre $r = 4$ qui place ces roches dans la famille calco-sodique (classification de A. Lacroix), de déterminer des andésites. Toutefois, ces roches sont plus potassiques que sodiques, ce qui se traduit au calcul par l'apparition d'une quantité d'orthose virtuelle relativement importante (respectivement 14,46 et 20,02 %); il s'ensuit que le rapport Orthose/Plagioclases est sensiblement plus élevé que dans des andésites typiques, ce qui rapproche nos roches des trachytes calco-alcalins.

En définitive, le calcul de la composition virtuelle permet de déterminer qu'il s'agit de verres *trachy-andésitiques* et non basaltiques ou néphélinitiques comme on l'avait cru jusqu'ici.

D'autres analyses en cours permettront de préciser si ce sont là des cas particuliers ou s'il s'agit d'un caractère général pour les pépérites de Limagne. Il est curieux, en tout cas, de constater que la lave de la pépérite de Tambot

(Annam), seule roche analogue connue hors d'Auvergne et décrite par A. Lacroix ([2]), est une andésite de composition assez voisine.

MÉTÉOROLOGIE. — *Évolution d'une gouttelette d'eau chargée dans un nuage ou un brouillard à température positive.* Note de M. **Robert Cochet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Pour se rendre compte de l'efficacité du balayage électrique des brouillards, il est nécessaire de savoir ce que devient une gouttelette *électrisée* abandonnée soit dans un brouillard de grande hauteur qu'il s'agit de balayer, soit dans un nuage qu'il s'agit de précipiter. Nous avons étudié dans ce but la croissance du diamètre D de la gouttelette électrisée avec sa chute (Langmuir a étudié dans les mêmes conditions la chute d'une goutelette *neutre*).

1. *Coefficient de captation* γ *d'une gouttelette d'eau électrisée de diamètre* D. — Le coefficient de captation d'une gouttelette fortement chargée et de diamètre inférieur à 20 μ est donné par un calcul approché ([1]). Ce calcul n'est plus applicable lorsque, la charge restant constante, le diamètre de la gouttelette augmente. Il faut alors tenir compte de l'écoulement fluide autour de cette gouttelette et des forces d'inertie.

L'équation générale (2) ([2]) qui définit le mouvement d'une particule sphérique de diamètre d, en un point M voisin d'un obstacle sphérique de diamètre D portant une charge q_0, permet d'obtenir, par une méthode analogue à celle utilisée dans le cas des cylindres ([3]), les trajectoires des gouttelettes de brouillard et par suite *le coefficient de captation* γ d'une gouttelette d'eau chargée.

Les trajectoires sont tracées par rapport à un système d'axes mobiles attachés à la gouttelette chargée dont la vitesse de chute donne, avec les notations déjà utilisées, la vitesse d'écoulement V'_0. Dans l'hypothèse d'un écoulement visqueux autour de la gouttelette chargée considérée comme un solide, nous avons évalué par cette méthode *le coefficient de captation* γ (*fig.* 1) pour différentes valeurs de D comprises entre 20.10^{-4} et 120.10^{-4} cm, et pour différentes valeurs de d comprises entre 5.10^{-4} et 30.10^{-4} cm avec une charge réalisable expérimentalement : $q_0 = 4.10^{-4}$ u. e. s. C. G. S.

Nous avons admis $\lambda = 1$ et, en C. G. S. $g = 980$ $\delta = 1$ et $\delta'\nu = 17.10^{-5}$.

2. *Distance z parcourue et temps t nécessaire pour que le diamètre d'une gouttelette électrisée passe de* D_0 *à* D_1 ([4]). — Le coefficient de captation γ et la vitesse

([2]) *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 20, fasc. 3, 1933, p. 133.

([1]) M. Pauthenier et N. Loutfoullah, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 953.

([2]) M. Pauthenier et R. Cochet, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 213.

([3]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 29.

([4]) Langmuir, *Gén. Elect. Res. Laborat.*, 1948.

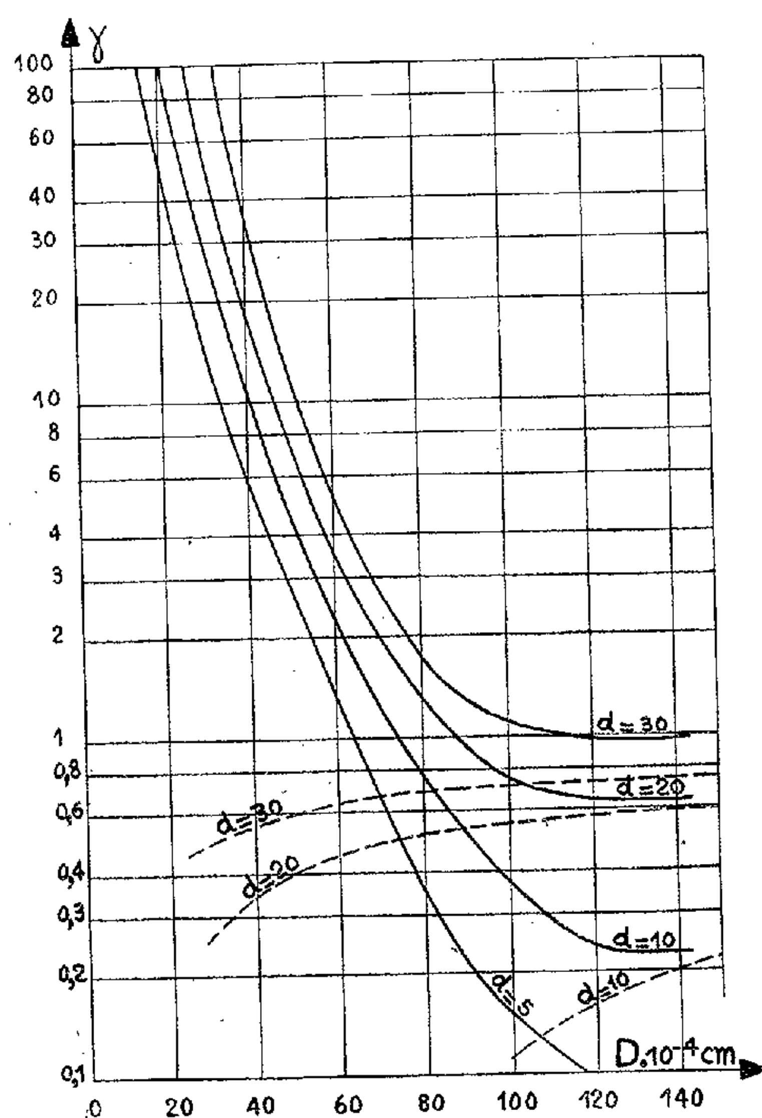
de chute V'_0 sont fonction de D. Si nous considérons que m_1, δ et $\delta'\nu$ sont constantes pendant la croissance du diamètre de la gouttelette électrisée, la distance z admet pour expression

$$z = \frac{2\delta}{m^1}\int_{D_0}^{D_1}\frac{dD}{\gamma}$$

et le temps

$$t = \frac{2\delta}{m_1}\int_{D_0}^{D_1}\frac{dD}{V'_0\gamma}.$$

3. *Applications numériques.* — Soient $d = 16.10^{-4}$ cm et $m_1 = 2.10^{-6}$ g : cm³. Supposons $D_0 = 30.10^{-4}$ cm (diamètre initial de la gouttelette chargée) et $q_0 = 4.10^{-4}$ u. e. s. C. G. S.



Coefficient de captation γ d'une gouttelette d'eau électrisée en fonction de son diamètre D pour différentes valeurs du diamètre d des gouttelettes de brouillard. Les courbes en traits pointillés représentent le coefficient de captation d'une gouttelette non électrisée (d'après Langmuir).

La gouttelette d'eau *chargée* doit tomber de 1,55 m (en 28 s) pour grossir de 30 à 50 μ, de 14,3 m (en 92 s) pour grossir de 50 à 80 μ et de 100 m (en 400 s) pour grossir de 80 à 140 μ, soit 520 s pour grossir de 30 à 140 μ. Au-dessus de 120 μ l'effet de la charge électrique sur la captation est négligeable et la croissance de la gouttelette est connue (⁴) et admise pour $d \ll D$.

A titre de comparaison une gouttelette d'eau *non chargée* devra tomber de 300 m en 2500 s pour grossir de 30 à 140 μ d'après Langmuir.

4. *Conclusions.* — Ces résultats montrent que les petites gouttelettes chargées grossissent très rapidement sur un court espace et que l'utilisation de gouttelettes de 30 μ de diamètre initial portant chacune une charge de 4.10^{-4} u.e.s.C.G.S. donne sensiblement les mêmes résultats que l'utilisation de gouttelettes non chargées de 120 μ de diamètre initial avec l'avantage de représenter une masse d'eau à répartir 64 fois plus petite.

On peut dire aussi que la charge minimum d'une gouttelette, pour que l'électrisation soit intéressante, doit être telle que les forces électriques agissent de façon efficace jusqu'au moment où les forces d'inertie deviennent suffisamment grandes pour que le coefficient de captation par inertie devienne important.

Le calcul montre que l'on a intérêt à avoir la charge maximum portée par la gouttelette la plus petite pouvant porter cette charge.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Inversion d'un faisceau cribro-vasculaire dans l'anthère introrse du Lis.* Note de Mlle **Madeleine Fourcroy** et Mme **Simonne Rivière**, présentée par M. Roger Heim.

On sait que pour observer le faisceau libéro-ligneux classique, dans le connectif de l'anthère introrse du Lis (*Lilium candidum*), il faut couper l'organe au-dessus du point d'insertion du filet. Au-dessous de ce point, c'est-à-dire dans le 1/3 inférieur de l'anthère, on se trouve en présence de deux faisceaux dont les positions relatives et l'orientation sont variables avec le niveau; puis, à l'extrême pointe, on observe à nouveau un faisceau unique, orienté normalement.

A notre connaissance personne n'a jamais proposé de justification à ces faits. Pour vérifier que le phénomène est absolument général, il suffit d'appliquer les procédés de vidage et coloration préconisés par Gabriel et F. Pellissier et d'examiner l'anthère par transparence. Sous l'insertion du filet, une boutonnière vasculaire apparaît; elle est fermée en haut comme en bas par un très court tronçon vasculaire.

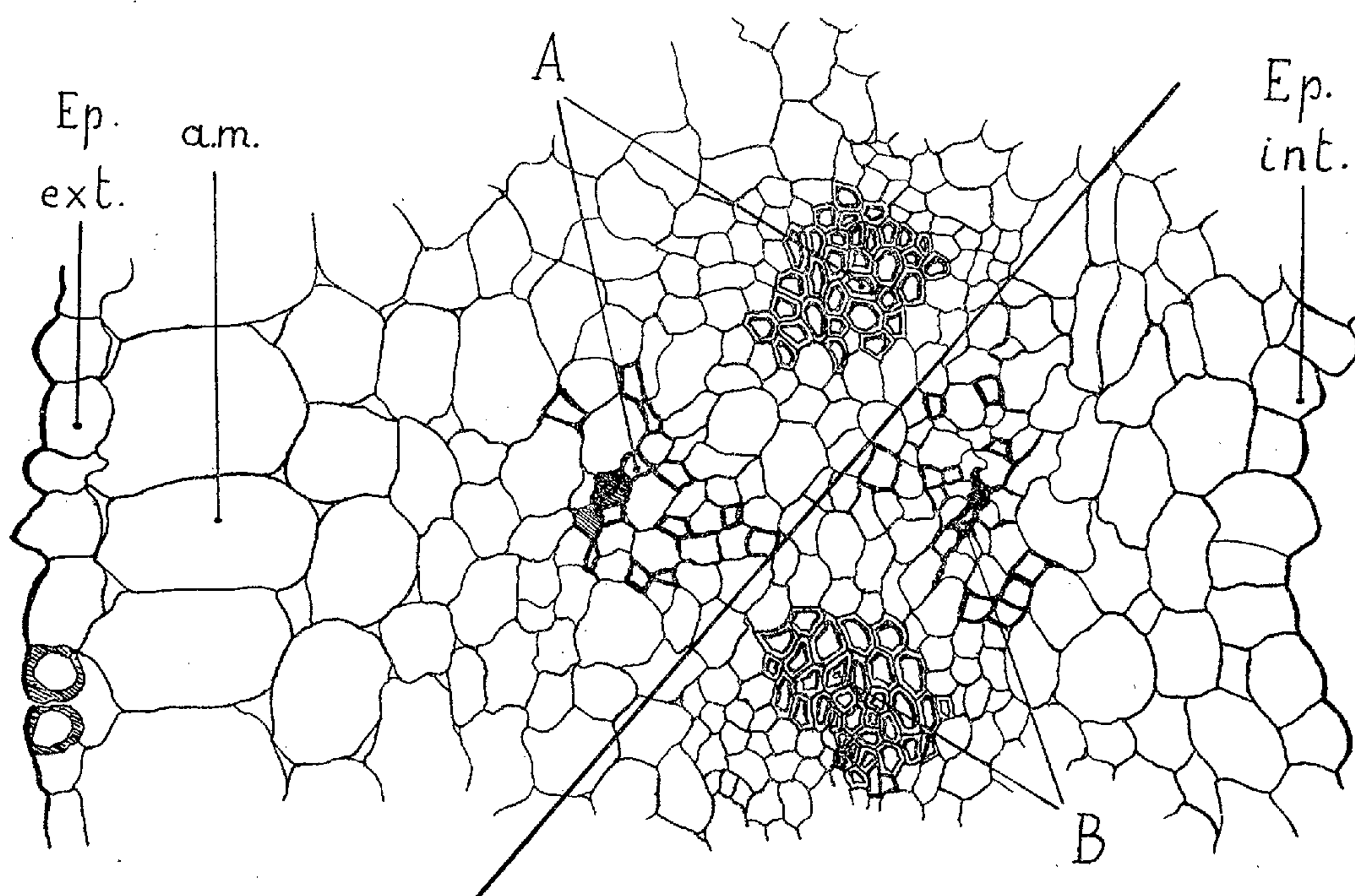
Il y a quelques années, l'une de nous (M. F.) constatait que, dans le court tronçon supérieur, deux faisceaux cribro-vasculaires se tournaient le dos, leur contact étant marqué par une ligne de vaisseaux nécrosés. Elle fut dès lors convaincue qu'il était possible de procéder à une étude méthodique de la vascularisation du connectif. Cette étude vient d'être effectuée par S. Rivière [1].

Nous figurons ici un niveau situé vers le milieu de la boutonnière vasculaire. Entre deux xylèmes compacts et assez écartés, on serait tenté de décrire un phloème dont le massif affecterait la forme d'un sablier : éta-

---

[1] *Rev. gén. de Botan.*, 1951 (sous presse).

lement des tubes criblés à droite et à gauche; un seul, ou point d'éléments différenciés au centre. Cependant, la présence de tubes criblés nécrosés, au milieu de chaque zone d'étalement, atteste l'existence de deux pôles de différenciation, donc de deux faisceaux. L'orientation des files cellulaires ne renseigne guère sur l'interdépendance des groupes criblés et vasculaires, sauf peut-être à l'extrémité droite du phloème B. De ce fait, il est impossible d'associer deux à deux, avec certitude, les quatre faisceaux (criblés et vasculaires).



L'étude systématique de l'anthère nous a montré que les deux xylèmes s'écartent progressivement l'un de l'autre, dans une série ascendante, jusqu'à atteindre la position extrême qu'ils occupent ici. Le phloème reste longtemps en un seul faisceau externe. Puis, à la faveur du parenchyme disponible entre les deux xylèmes, une partie des tubes criblés acquiert une différenciation médiane et de plus en plus interne, pendant que l'autre partie demeure externe. Ainsi se constituent : un *faisceau* A correspondant au faisceau *normalement orienté* et un *faisceau* B qui *est inversé*. Les deux faisceaux sont inclinés de 45° sur l'axe du connectif, par suite de l'écartement des xylèmes. Nous les avons séparés par un trait continu pour en faciliter la lecture. Nous présentons en coupe transversale la portion du connectif. L'épiderme externe et l'assise mécanique (sans bandelettes lignifiées parce que l'anthère est très jeune) sont à gauche au

lieu d'être en bas, et la position normale du faisceau (tubes criblés externes par rapport aux vaisseaux) ramène ici le faisceau criblé à la gauche des vaisseaux.

A ce niveau deux faisceaux parallèles sont donc inversement orientés; celui de gauche est simplement incliné, mais celui de droite a subi sur lui-même une torsion de 180°. Il nous a paru que *semblable disposition anatomique était assez exceptionnelle* dans un organe normal.

Plus haut, les phloèmes s'écartant, les xylèmes se rapprochent, et les deux faisceaux se superposent dans l'axe du connectif, le faisceau A devient externe et en position normale, le faisceau B est interne et en position inversée. C'est alors qu'ils se tournent le dos, se touchant par les vaisseaux les plus anciens. L'étude d'ensemble permet d'ajouter qu'au-dessus de l'insertion c'est le faisceau A qui reste dans le connectif de l'anthère, alors que *le faisceau* B *s'est engagé dans le filet* où il retrouve une orientation normale.

LICHÉNOLOGIE. — *Fluorescence des Lichens en lumière de Wood.* Note de M. **Paul Ozenda**, présentée par M. Roger Heim.

L'utilisation de la fluorescence en lumière ultraviolette a été proposée comme caractère de détermination pour les Champignons, notamment par Maire et Pinoy (¹) et par Josserand et Netien (²); ces derniers auteurs ont étudié 175 espèces de Champignons charnus, tous Basidiomycètes, sauf trois Pézizes (³). En raison de la présence de nombreuses substances chimiques particulières, les Lichens doivent pouvoir, eux aussi, se prêter à la même technique, comme le montrent les premiers essais résumés ci-après. Ces examens ont été effectués avec une lampe Philips, type HPW, à vapeur de mercure et ampoule en verre de Wood à oxyde de nickel, laissant passer, outre une partie du violet, la radiation 3 660 Å dans l'ultraviolet.

Les essais ont porté sur plus de 200 espèces : échantillons d'herbier pour la plupart, exemplaires frais pour une vingtaine. Les deux tiers d'entre elles ont donné un résultat négatif; en particulier, la fluorescence semble nulle chez tous les Lichens à Cyanophycées, ainsi que chez les Usnéacées, Ramalinacées et Umbilicariacées (sauf un faible reflet blanc des régions

(¹) *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr, Nord*, 16, 1925, p. 286.

(²) *Bull. Soc. Linn. Lyon*, 7, 1938, p. 283; 8, 1939, p. 14.

(³) Cette méthode est utilisée dans les expositions mycologiques organisées par le Laboratoire de Cryptogamie du Muséum de Paris, et aussi à Alger à l'Institut Pasteur, chez le Docteur Foley.

pruineuses); elle est peu répandue chez les Lécidéacées, Parméliacées Caloplacacées et Buelliacées. 70 espèces environ ont donné une réaction positive, très visible chez une trentaine.

Les fluorescences observées peuvent se ramener à quatre types :

1° Orangé-brique à vermillon, caractérisant les Lichens à pariétine : *Xantoria parietina* et *X. polycarpa* (totalité de la plante), *Caloplaca pyracea*, *Teloschistes chrysophtalmus* et *T. villosus* (apothécies). Cette fluorescence va de pair avec la coloration violette du thalle par la potasse : comme cette dernière réaction, elle fait défaut chez *X. parietina* var. *virescens*.

2° Orangé pâle à orangé vif ou à jaune foncé : surtout chez les *Pertusaria* (où la moitié environ des espèces réagissent) et les *Rhizocarpon* jaunes ou verts (*Rh. geographicum*, *Rh. lecanorinum*).

3° Blanc, plus ou moins lumineux : surtout moelle de nombreuses espèces, d'ailleurs sans lien systématique entre elles (des *Cladonia*, tous les *Sphaerophorus* et *Rocella*, divers *Lecanora*). Tantôt, la moelle seule se colore, tantôt aussi les sorédies, plus rarement l'écorce (*Lobaria lætevirens*).

4° Éclat nacré, de couleur variable, blanc, blanc bleuté ou vert, réaction rare, mais toujours très vive (*Parmelia centrifuga*, moelle de *Physcia cœsia*).

Le degré d'hydratation paraît être sans influence (essais sur *Rocella* à différents états), ainsi que l'âge de l'échantillon dont les parties jeunes et âgées réagissent, le plus souvent, de la même manière lorsque la structure en est identique (c'est-à-dire sauf sorédies, craquelures ou décortications dues à l'âge); toutefois, les thalles primaires et les folioles de *Cladonia* sont généralement plus lumineux que les podétions.

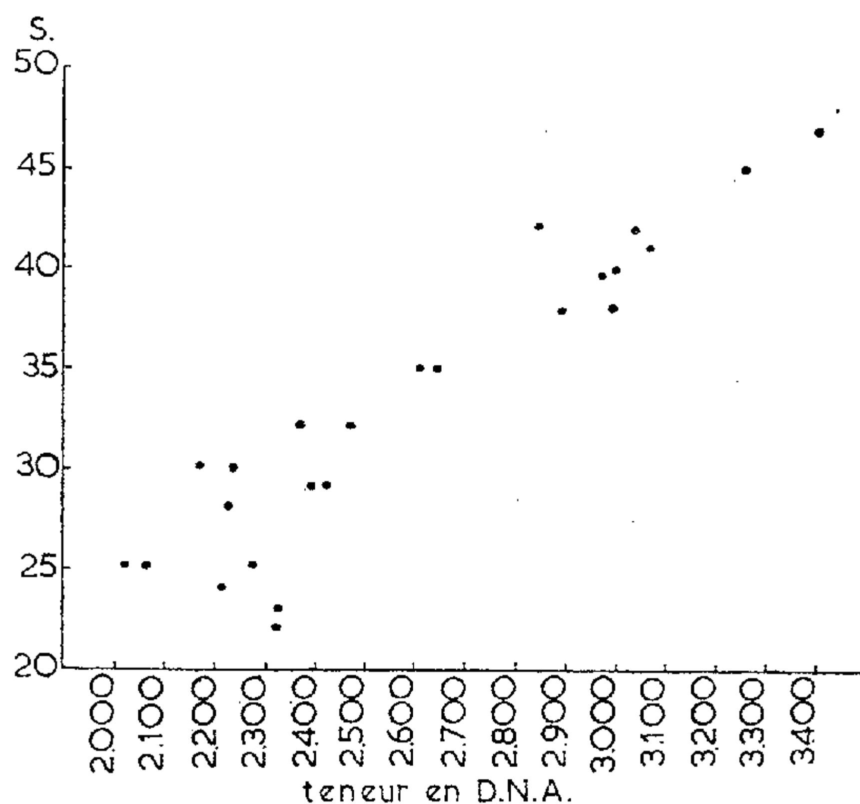
La durée de conservation en herbier intervient davantage. Au contraire de ce qui se passe pour les champignons charnus dont la fluorescence disparaît en quelques jours, l'atténuation est ici nulle ou très lente. La fluorescence jaune des *Pertusaria* est la plus stable : elle avait la même couleur et la même intensité chez deux exemplaires de *P. lutescens* récoltés respectivement depuis 2 jours et depuis 60 ans; de même pour des *Rhizocarpon geographicum* conservés en herbier depuis 20, 33, 54 et 79 ans. L'éclat orangé des Teloschistacées diminue lentement, mais il était encore sensible chez un *Xanthoria parietina* et un *Teloschistes chrysophtalmus* ayant 100 ans d'herbier, nul, par contre, chez un *X. polycarpa* deux fois moins ancien. La fluorescence blanche est moins persistante : chez les *Rocella* et *Sphaerophorus* elle diminue beaucoup dès les premières années et s'annule en un temps de l'ordre de 50 à 60 ans.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude quantitative de l'acide désoxyribonucléique au cours de la formation du pollen chez* Tradescantia virginiana. Note (*) de MM. **Jean Pasteels** et **Lucien Lison**, transmise par M. Robert Courrier.

Nous avons étudié quantitativement l'acide désoxyribonucléique lors de la formation du pollen chez *Tradescantia virginiana*, en pratiquant des estimations histophotométriques sur des frottis d'anthères fixées à l'alcool-formol-acétique et traitées par la réaction de Feulgen, suivant la technique que nous avons appliquée dans un certain nombre de travaux antérieurs (1), (2), (3), (4). Nos résultats sont exprimés dans le tableau et le graphique ci-dessous :

L (*).	Type cellulaire.	n (**).	M ± s_M (***).	L (*).	Type cellulaire.	n (**).	M ± s_M (***).
5	Cellule mère du pollen...	25	9240±162	11	Cellules végétatives......	25	2184±35
6	Microspores............	40	2268± 33	11	» génératrices.....	Voir graphique	
8,5	»	22	2228± 36	12	» végétatives......	20	2285±59
9,5	»	22	2240± 38	12	» génératrices.....	20	4509±87
10,0	»	20	2270± 25	Pollen mûr	» végétatives......	10	2161±79
10,5	Microspores intercinèse.	25	4465± 70	Pollen mûr	» génératrices.....	10	4448±99
10,5	Microspores prophase..	20	4457± 91	10	Tapetum................	20	3218±61

(*) Longueur du bouton floral (mm).
(**) Nombre de noyaux mesurés.
(***) Moyenne des mesures et déviations standard de la moyenne, exprimée en unités arbitraires.



Bouton floréal de 11 mm. Noyaux germinatifs immédiatement après la première mitose pollinique. En ordonnées : surfaces des noyaux télophasiques en voie de reconstitution (unités arbitraires); en abscisses : teneurs en acide désoxyribonucléique (DNA). On observera qu'il existe une corrélation nette entre l'augmentation des teneurs et l'augmentation de taille du noyau en reconstitution.

(*) Séance du 2 juillet 1951.

(1) J. Pasteels et L. Lison, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 780.
(2) J. Pasteels et L. Lison, *Arch. de Biologie*, 61, 1950, p. 445.
(3) L. Lison et J. Pasteels, *Arch. de Biologie*, 62, 1951, p. 1.
(4) J. Pasteels et L. Lison, *Nature*, 167, 1951, p. 948.

a. A la meiose, il y a simple répartition, par parties égales entre les quatre microspores.

b. La teneur en acide désoxyribonucléique dans la microspore, double brusquement, *immédiatement avant* la prophase de sa division. Ce comportement est différent de celui que nous avons décrit ([2]), ([3]) dans d'autres objets, où nous avions vu la synthèse se faire à la télophase, soit donc au début de l'intercinèse. Ici, la synthèse se fait à la fin de l'intercinèse; elle n'est toutefois pas prophasique, mais préprophasique.

c. La cellule végétative et la cellule génératrice qui résultent de cette division reçoivent à part égale la moitié de l'acide désoxyribonucléique. Au départ, leur teneur est donc égale à celle de la microspore avant qu'elle n'ait fait sa synthèse. La teneur de la cellule végétative ne varie plus par la suite. Celle de la cellule génératrice augmente du simple au double, *immédiatement* à la télophase, au cours de la reconstitution du noyau. Cette augmentation est parallèle au gonflement du noyau, comme l'indique clairement le graphique. Au moment où cette synthèse est terminée, la concentration en acide désoxyribonucléique du noyau génératif est double de celle du noyau végétatif, car le volume des deux noyaux est identique

Nous n'avons pas pu suivre le devenir du noyau génératif pendant la germination ni étudier la mitose donnant naissance aux anthérozoïdes, à cause des difficultés de la mesure.

d. Les cellules du tapetum ont une teneur qui n'est pas en rapport simple avec celle des microsporocytes ou des microspores. Le rapport tapetum/microspore est de 1,43. Schrader et Leuchtenberger ([5]) ont également constaté que des noyaux de différents tissus chez *Tradescantia* n'ont pas la même teneur en acide désoxyribonucléique.

e. Certains de ces résultats s'harmonisent avec les conclusions que M. Ogur et al. ([6]) ont déduites du dosage chimique de l'acide désoxyribonucléique dans le pollen de *Lilium longiflorum*. Opérant sur le pollen total, ces auteurs n'ont toutefois pas pu constater la remarquable différence entre les noyaux végétatif et génératif que nous venons de décrire chez *Tradescantia* : cette différence, nous l'avons recherchée et trouvée aussi chez *Lilium croceum* et *Scilla nutans*. Enfin, nous n'avons pas observé, au cours des intercinèses, les augmentations lentes et continues qu'auraient décelées ces auteurs chez *Lilium*.

([5]) *Proc. Nat. Acad. Sc. U. S.*, 35, 1949, p. 464.

([6]) M. Ogur, R. O. Erickson, G. M. Rosen, R. B. Sax et C. Holden, *Exp. Cell. Biol.*, 2, 1951, p. 73.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur un aspect phytopathologique du problème des substances racinaires toxiques.* Note de M[lle] **Yvette Becker**, MM. **Jean Guillemat**, **Lucien Guyot** et **Didier Lelièvre**, présentée par M. Roger Heim.

L'incorporation au sol de débris racinaires de Phanérogames excrétrices de substances toxiques trouble l'équilibre de la microflore bactérienne et cryptogamique; l'effet sélectif réalisé peut entraîner une exaltation de l'activité pathogène de certains champignons apportés par la semence ou hébergés par la terre et aggraver les maladies dont souffrent les plantes cultivées dans leur phase de jeunesse (fonte des semis).

La présence dans le sol de substances toxiques contenues dans les racines de certaines Phanérogames et libérées dans la rhizosphère, soit par un processus d'excrétion radicellaire définie, soit par la lente décomposition des débris racinaires en profondeur, exerce un effet inhibiteur net sur la germination des graines et le développement des plantules de diverses espèces végétales croissant au voisinage immédiat des plantes excrétrices; le retentissement de ce processus biologique sur la structure floristique du tapis végétal est parfois évident sur le terrain et aboutit, en quelques cas, à la dégradation de la végétation et à la dénudation du sol (cuvettes à *Hieracium pilosella* et cuvettes à *Thymus serpyllum* dans les friches jeunes à *Origanum vulgare* et dans les pelouses âgées à *Brachypodium pinnatum*).

Certaines expérimentations récentes nous ont montré que la présence dans le sol de débris racinaires contenant des substances toxiques est susceptible d'agir sur les éléments bactériens ou fongiques et de troubler l'équilibre apparent de la microflore souterraine; l'observation suivante est particulièrement significative à ce point de vue :

Des graines de *Vicia sativa* sont semées, en boîte de Pétri, sur de la terre prélevée au contact des racines de *Brachypodium pinnatum* (espèce non toxique); un lot de ces graines (lot-témoin) est semé sur cette terre recueillie directement dans la nature et n'ayant subi aucun traitement particulier, tandis que d'autres lots de graines sont semés sur cette même terre à laquelle ont été intimement mélangées des doses progressivement croissantes de poudre de racines d'*Hieracium pilosella* (espèce toxique).

Au bout de quelques jours, l'examen de ces semis révèle les faits suivants (*voir* Tableau).

L'infection des graines se trouve réalisée par un complexe bactériofongique qui s'oppose à la germination et entraîne la pourriture de la semence; le complexe agissant est de structure surtout bactérienne dans le lot *b* et de structure surtout fongique (à prédominance nette d'éléments fusariens) dans les lots *c* et *d*.

	Hauteur moyenne des plantules (cm).	Germination (%).	Graines infectées (%).	Graines infectées portant des coussinets fusariens (%).
a. sur terre non traitée (témoin)......	10,6	92	0	0
b. sur terre contenant 5 % de poudre de racines de Piloselle..........	7,3	68	28	14
c. sur terre contenant 10 % de poudre de racines de Piloselle..........	1,1	32	46	70
d. sur terre contenant 25 % de poudre de racines de Piloselle..........	1	28	70	88

L'exaltation de l'activité phytopathogène de certains éléments bactériens ou fongiques contenus dans la terre ou apportés par la semence, en présence de poudre de racines de Piloselle et dans une mesure d'autant plus élevée que la quantité de poudre de racines incorporée au sol est plus grande, trahit un déséquilibre survenu dans la structure de la microflore des terres soumises au traitement; l'effet sélectif exercé par les débris racinaires toxiques au sein de la microflore souterraine a pour effet de freiner ou d'annihiler l'action de certains éléments et, par contre-coup, d'exalter l'action de certains autres.

Le fait que l'intervention de certaines espèces pathogènes a été, par la rupture constatée de l'équilibre cryptogamique au sein de la rhizosphère, grandement facilitée, représente un prolongement intéressant du problème des excrétions racinaires toxiques sur le plan de la phytopathologie; l'étude de certaines maladies dont souffrent les plantes cultivées dans leur phase de jeunesse (fonte de semis entre autres) ne saurait se désintéresser de ce point de vue particulier.

PÉDOLOGIE. — *Sur l'altération des granites à grains fins en Auvergne.* Note de M. **Daniel Collier**, présentée par M. Albert Demolon.

L'altération des granites à gros grains a fait l'objet d'une Note précédente [1]. Nous avons étudié par une méthode semblable le mécanisme de l'altération des granites à grains fins.

Le profil examiné se trouve situé en Combraille, près de Saint-Gervais. Il montre à la base à 2-2,50 m de profondeur, la roche massive C_1 déjà très fissurée. Au-dessus on observe un horizon C_0 caractérisé par l'élargissement et la multiplication des fissures en allant de bas en haut, isolant des blocs de plus en plus petits de façon que l'ensemble prenne progressivement l'aspect d'un tas de cailloux. Les fissures et tous les interstices sont remplis de terre

[1] *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 96.

fine, dont la proportion s'accroît vers la surface, pour devenir maximum dans le sol A, encore très caillouteux, de 15 à 20 cm d'épaisseur.

La roche est un granite à grains fins à deux micas, ses feldspaths sont représentés par le microcline sodique et l'oligoclase. L'altération part de la surface des fissures : si à 2 m de profondeur la roche est à peine altérée de quelques millimètres sur le bord des fissures, à 1 m l'altération atteint toute la masse des blocs. Comme pour les granites à gros grains, l'aspect altéré est donné par la perte de l'éclat cristallin et de la cohésion des plagioclases, laquelle ne conduit pas ici à la désagrégation complète de la roche, mais seulement à une désagrégation *superficielle et progressive* à partir de la surface des blocs.

Dans les horizons A et C_0 les éléments de dimension supérieure à 2 mm sont donc constitués uniquement par des fragments de roche altérée. Dans les parties grossières de la terre fine (éléments compris entre 0,02 et 2 mm), on retrouve tous les minéraux dans le même état minéralogique que dans la roche, à cela près que les biotites sont plus décolorées. Ces dernières sont en moindre proportion dans le sol. Enfin le complexe d'altération (éléments inférieurs à 0,002 mm) passe de 5,4 à 11,6 % de la terre fine de C_0 à A.

Le tableau ci-joint indique les compositions chimiques de la roche saine C_1 avec celles de la roche altérée (fractions supérieures à 2 mm) et de la partie cristalline de la terre fine (fractions comprises entre 0,002 et 2 mm) pour les horizons A et C_0.

	Notations des horizons	A.		C_0.		C_1.
Profondeur des prélèvements (m)		0,000	0,16	0,60	1,00	2,50
Dimensions des particules (mm)		Sup. à 2	0,002 à 2	Sup. à 2	0,002 à 2	–
Proportion du total (%)		29,8	57,7	87,2	12,0	100
Substance sèche (%)	SiO_2	70,0	71,1	67,9	69,0	69,3
	Al_2O_3	15,6	14,4	16,0	16,2	16,3
	Fe_2O_3	2,4	3,3	2,0	2,8	2,1
	CaO	0,44	0,32	0,62	0,39	0,44
	MgO	0,87	0,42	1,2	0,83	0,87
	K_2O	4,9	4,6	4,7	4,6	4,5
	Na_2O	2,9	2,2	3,2	2,8	3,5
	TiO_2	0,6	0,7	0,5	0,6	0,6
	P_2O_5	0,44	0,22	0,15	0,17	0,17
	H_2O	2,3	2,8	2,0	2,6	2,0
Rapports moléculaires	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	7,61	8,40	7,20	7,22	7,22
	$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$	77,9	57,8	90,2	65,9	88,5
	$\frac{SiO_2}{K^2O}$	22,4	24,2	22,6	23,5	24,1
	$\frac{SiO_2}{MgO + Na_2O + CaO}$	15,2	22,8	12,2	15,8	13,4

La similitude de toutes ces analyses est frappante. Cependant, la comparaison entre la roche et plus particulièrement la fraction la plus altérée du sol (0,002-2 mm) montre de légères différences positives ou négatives entre les éléments homologues, dues à des pertes inégales de chacun d'eux. L'examen des rapports moléculaires permet de classer les éléments comme suit dans l'ordre de mobilité croissante $Fe_2O_3 < K_2O$ et $SiO_2 < Al_2O_3 < CaO < Na_2O < MgO$.

Nous retrouvons un classement analogue à celui obtenu pour les granites à gros grains, qui, comme pour ceux-ci, indique la plus grande stabilité des feldspaths alcalins par rapport aux feldspath calcosodiques et aux biotites plus altérables.

Conclusion. — Les processus d'altération des minéraux de granites à grains fins sont semblables à ceux des granites à gros grains. Mais la structure fine des premiers permet aux minéraux peu altérables, quartz et feldspaths alcalins, généralement en plus forte proportion, de constituer un réseau suffisamment jointif et cohérent, pour protéger de l'eau les plagioclases et éviter la désagrégation massive de la roche, lorsque par la suite ces feldspaths parviennent à se pulvériser. Ceci explique la faible profondeur sous laquelle sont altérés ces granites à grains fins et la faible intensité de leur altération chimique.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur la présence d'une vessie natatoire chez certains individus d'*Euthynnus alliteratus (*Rafin.*) (*Poisson Téléostéen*). Note de MM. **Raymond Poisson** et **Émile Postel**, présentée par M. Louis Fage.

Les travaux de Kishinouye (1923) (¹) sur les Poissons scombriformes, ont abouti à la division de ce groupe en quatre familles : *Scombridæ, Thunnidæ, Katsuwonidæ, Cybiidæ.*

De Buen et Frade (1932) (²), reprenant les conclusions de cet auteur, proposèrent une classification, considérée actuellement comme une base solide de travail et entérinée par les décisions des différents « Congrès du Thon » tenus en 1949 à Malaga, Tunis et Edimbourg, dans laquelle *Euthynnus alliteratus* (Rafin.) est rattaché à la famille des *Katsuwonidæ.*

L'un des caractères fondamentaux de cette famille est l'*absence de vessie natatoire.*

L'un de nous a eu l'occasion, depuis 5 ans, d'observer de nombreux exemplaires d'*Euthynnus alliteratus*, capturés en sa présence sur les côtes du Sénégal. 282, rapportés au laboratoire, ont été l'objet d'examens minutieux. Or, en janvier 1951, il a été surpris de constater la présence, dans quatre d'entre eux, d'une vessie natatoire bien conformée. Notre première

---

(1) *Journ. of the Coll. of Agric. Imp. Univ. Tokio*, 1923.

(2) *Com. intern. expl. scient. mer Méditerranée. Rapp. et P. V.*, VIII, Paris, mars 1932.

réaction fut de mettre en doute la détermination, mais, outre que ces individus présentaient les indices et caractères morphologiques extérieurs de l'espèce *alliteratus*, la forme des organes : foie, rate, intestin, etc., était exactement la même que chez les exemplaires sans vessie natatoire.

La vessie, adhérente au plafond de la cavité abdominale (*fig.* 2, V), en occupait environ le tiers et était bilobée dans sa région postérieure, les deux lobes étant inégaux.

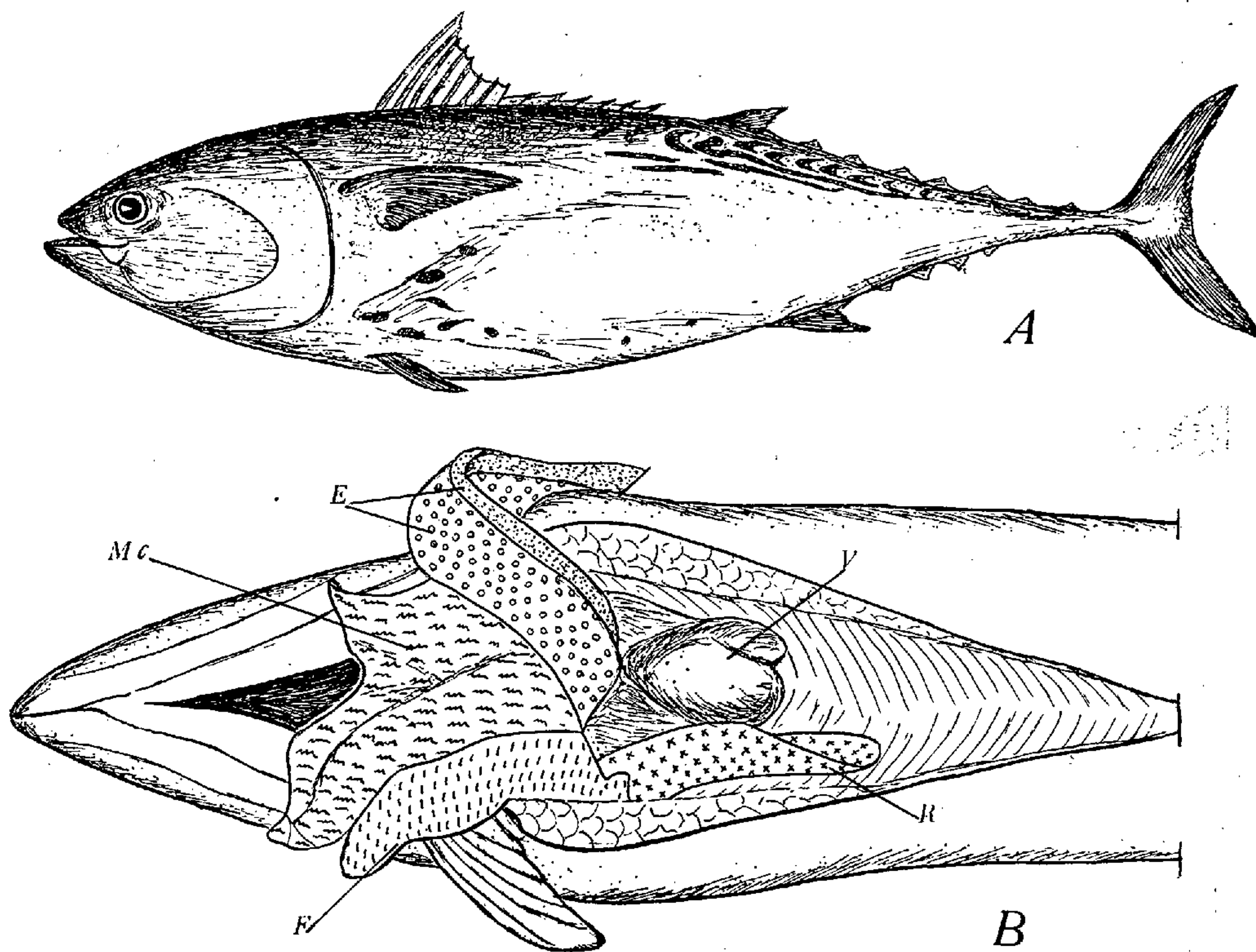


Fig. 1. — *Euthynnus alliteratus* (Rafin.) : l'un des individus pourvus d'une vessie natatoire.

Fig. 2. — Le même individu avec la cavité abdominale ouverte : E, masse stomaco-intestinale; F, foie; M. c., masse cæcale (cæcums pyloriques); R, rate; V, vessie natatoire bilobée.

Les deux schémas (*fig.* 1 et 2) (exécutés d'après des photographies), permettent, le premier (*fig.* 1) d'identifier *Euthynnus alliteratus*, le second d'apprécier le volume et de préciser l'emplacement de la vessie natatoire (*fig.* 2, V).

Conclusions. — 1° Quatre individus d'*Euthynnus alliteratus*, espèce considérée généralement comme dépourvue de vessie natatoire, ont été trouvés porteurs d'une vessie d'apparence anatomique normale.

2° Le comportement de ces *Euthynnus*, capturés ensemble, était semble-t-il identique à celui de leurs compagnons, pêchés en même temps qu'eux,

et qui ne possédaient pas de vessie natatoire. Le lot se composait de 16 individus dont la taille s'échelonnait de 75 à 85 cm.

3° L'observation faisant l'objet de cette Note, pourrait aussi être invoquée pour envisager la révision de la position systématique d'*Euthynnus alliteratus*, dont le rattachement à la famille des *Katsuwonidæ* semble maintenant quelque peu discutable; ce qui, du point de vue commercial, n'est pas sans présenter une certaine importance, comme l'un de nous se propose de l'examiner dans un prochain travail.

ANATOMIE COMPARÉE. — Casarea, *forme de passage entre les Boïdés et les Serpents Protéroglyphes*. Note de MM. **Jean Anthony** et **Jean Guibé**, présentée par M. Louis Fage.

La rareté des documents paléontologiques sur les Ophidiens a conduit les Zoologistes à en imaginer la phylogenèse d'après les traits de leurs représentants actuels. L'un des problèmes les plus obscurs, dans cette reconstitution, se rapporte à l'origine des Protéroglyphes. Suivant la conception classique, formulée pour la première fois par Boulenger (1893-1896), ils dériveraient des Colubridés Aglyphes. Mais Bogert, plus près de nous (1943), a émis l'hypothèse qu'avec les Solénoglyphes, ils descendraient d'Élapidés primitifs, inconnus pour l'instant. A vrai dire, dans l'ignorance où nous nous trouvons de la plupart des formes disparues, nous en sommes réduits à des suppositions, plus ou moins vraisemblables. Il n'en est que plus intéressant de rencontrer des dispositions anatomiques capables de suggérer comment l'état protéroglyphe a pu être obtenu. Le genre *Casarea* nous paraît fort suggestif à cet égard. Les systématiciens l'ont inclus dans la famille des Boïdés. R. Hoffstetter (1946) a montré cependant qu'il se séparait des autres Boïdés, et se rapprochait des Colubridés, par la possession d'hypapophyses aux vertèbres dorsales postérieures. Il a proposé que l'on crée pour lui, ainsi que pour le genre *Bolyeria* qui en est très voisin, la petite sous-famille des *Bolyerinés*. L'étude ostéologique de la tête des Bolyerinés n'avait pas été effectuée jusqu'ici, car ce sont des Serpents extrêmement rares, confinés à l'Ile Ronde, dans l'Archipel des Mascareignes. Nous avons pu la réaliser sur *Casarea* ces derniers temps. Elle nous a révélé des caractères de la plus grande importance.

Tout d'abord, *Casarea* rappelle les Boïdés par la présence d'un os coronoïde à la face interne de la mandibule, ainsi que par la longueur relative de son maxillaire supérieur, de son transverse, de son dentaire et de son quadratum. Mais il possède à la fois un ensemble de propriétés qui dénotent un degré d'évolution et de spécialisation nettement plus avancé que chez n'importe quel représentant de la famille. C'est en premier lieu l'allure

curieuse de son maxillaire supérieur, qui se trouve divisé en deux parties sensiblement égales, par une articulation transversale. La partie antérieure apparaît robuste, aplatie de dedans en dehors et pourvue de dents relativement puissantes. A l'opposé, la partie postérieure est grêle, aplatie de haut en bas et porte sur tout son bord inférieur une série de dents fines et courtes. En d'autres termes un contraste s'amorce entre les deux moitiés du maxillaire alors que chez les Boïdés, les dents diminuent régulièrement de longueur d'avant en arrière. Corrélativement, les postfrontaux de *Casarea* se sont raccourcis. Les préfrontaux se sont réduits en longueur et surtout en largeur; alors qu'ils viennent au contact l'un de l'autre sur la ligne médiane chez les Boïdés, ils restent ici éloignés. L'os coronoïde est manifestement en voie de disparition. Le crâne lui-même est devenu plus étroit dans son ensemble, principalement à hauteur des préfrontaux et des prootiques.

Non seulement *Casarea* s'élève de la sorte au-dessus des Boïdés, mais les propriétés qui l'en distinguent l'engagent dans la voie de la spécialisation vers le type protéroglyphe. Si l'on examine en effet les plus primitifs d'entre les Protéroglyphes, c'est-à-dire les serpents marins formant la sous-famille des *Hydrophiinés*, et tout spécialement le genre *Pelamydrus*, ce sont, encore plus prononcés, les mêmes caractères que l'on retrouve en mettant à part l'apparition de la cannelure caractéristique sur la dent venimeuse : au maxillaire supérieur, qui reste une pièce unique, l'opposition s'affirme entre les dents antérieures et les dents postérieures : la première dent s'allonge davantage et s'isole des suivantes, dont le nombre s'est abaissé, par un large diastème. Le préfrontal continue à régresser, de même que le prootique. Le coronoïde a complètement disparu. L'étroitesse générale du crâne n'a fait que s'accentuer.

Nous pensons que le stade évolutif illustré par *Casarea* nous donne ainsi une idée approximative des formes terrestres où les Hydrophiinés ont puisé leur origine. Boïdés et Bolyerinés descendent probablement d'un stock ancestral commun dont certains descendants ont pu atteindre l'état protéroglyphe. La totalité des Protéroglyphes ne proviendraient donc pas nécessairement d'Elapidés primitifs comme Bogert l'a supposé.

Nous croyons que ces Serpents doivent être au contraire d'origine polyphylétique. Les écarts de structure entre les Najinés, les Micrurinés et les Hydrophiinés ne sauraient, à notre avis, s'expliquer autrement. On a longtemps cru que les grandes divisions classiques du sous-ordre des Ophidiens représentaient des groupes naturels. On ne le soutient plus guère aujourd'hui en ce qui concerne les Opisthoglyphes qui résultent manifestement d'un assemblage de formes disparates. Et il est vraisemblable qu'une meilleure connaissance anatomique des Protéroglyphes conduira un jour à la même conclusion.

ZOOLOGIE. — *Les glandes des chélicères des Pseudoscorpions (Arachnides).* Note de M. **Max Vachon**, présentée par M. Louis Fage.

On sait depuis longtemps que des conduits évacuateurs de glandes traversent les chélicères des Pseudoscorpions et des Araignées, et viennent déboucher à l'extrémité du doigt mobile. Chez les Araignées, ces glandes sont, en général, très importantes, rarement absentes (Uloborides) ou très peu développées (Liphistiides et Mygales); elles sont uniquement venimeuses sauf de rares exceptions (Scytodes) et sont alors, en outre, séricigènes.

Chez les Pseudoscorpions, ces glandes, rarement atrophiées chez les mâles, ne sécrètent que de la soie; elles sont, comme chez les Araignées, logées dans le céphalothorax, mais leurs ouvertures, à l'extrémité du doigt mobile de la chélicère, sont groupées en une région toujours morphologiquement différenciée : la galea ou le tubercule fileur. Ce système glandulaire est plus complexe qu'on ne le supposait et des observations poursuivies sur des espèces des genres *Chelifer*, *Chernes*, *Neobisium*, nous permettent d'affirmer, qu'en plus des glandes filiaires (céphalothoraciques), il existe dans chaque doigt deux glandes distinctes, entièrement contenues dans la chélicère elle-même. La première débouche dans la dent terminant chaque doigt alors que les multiples conduits évacuateurs de la seconde traversent les organes chitineux spéciaux : *velum* et *serrulæ*, ornant la marge interne du doigt. Un travail ultérieur précisera la disposition de ces deux systèmes, leur structure et le trajet de leurs conduits évacuateurs.

La nature et le rôle des substances élaborées par ces glandes microscopiques seront difficiles à préciser. Les *serrulæ* et le *velum* des doigts des chélicères sont des organes de nettoyage des pièces buccales et du rostre : il est à présumer que les liquides, fournis par les glandes traversant ces organes, jouent un rôle dans ce nettoyage. Par contre, les sucs élaborés par l'autre système glandulaire, dont le conduit évacuateur traverse la dent terminant chaque doigt, sont, de toute évidence, inoculés directement à l'intérieur de la proie, perforée par les chélicères. Nos publications antérieures ont précisé les modalités de l'acte de nutrition chez les Pseudoscorpions : la proie est digérée à l'extérieur avant que le contenu en soit aspiré. La liquéfaction rapide, presque instantanée, des tissus de la victime est un phénomène visible, indiscuté : son explication, par contre, reste problématique. Certains auteurs pensent que le suc dissolvant la proie est élaboré par les cellules, dites elliptiques, de l'intestin moyen; avant d'être injecté, ce suc remonterait dans le pharynx, puis dans la bouche. Ce processus, possible, est difficilement contrôlable. Mais on peut penser que les glandes chélicériennes, dont nous venons de signaler

l'existence, fournissent elles-mêmes les sucs qui, directement introduits dans la proie au moment du ponctionnement de celle-ci, provoqueraient la dissolution des tissus. L'élaboration de substances, probablement diastasiques par les glandes chélicériennes est d'autant plus probable que, chez les Araignées, le venin des chélicères ne produit pas seulement les effets toxiques ou gangréneux bien connus, mais que, pour certaines espèces tout au moins (1), il contient des ferments et des diastases qui jouent un rôle dans la liquéfaction des tissus de la proie.

Or, chez les Arachnides, le système buccal, auquel participent les chélicères, les hanches des pattes antérieures et le rostre, est complexe et, de par sa structure, ne laisse passer que des liquides : la liquéfaction des tissus de la proie est, pour ces animaux, une nécessité et c'est, obligatoirement, l'acte physiologique précédant immédiatement l'absorption de la nourriture. La proie capturée, puis rendue passive, est alors chimiquement transformée ou maintenue dans un état tel que son contenu reste absorbable. Tout ceci est réalisé par action de substances qui, d'une part, inhibent ou détruisent la résistance de la proie (venins proprement dits) et d'autre part, dissocient le contenu de celle-ci ou l'empêchent de se coaguler. Ces substances, à rôles différents, seraient élaborées chez les Pseudoscorpions par des glandes différentes et par un seul système glandulaire chez les Araignées.

La fonction venimeuse doit être envisagée dans ses rapports avec l'acte même de la nutrition; elle n'est, à vrai dire, qu'un des éléments, souvent le seul connu et étudié, de ce complexe physiologique qu'est la digestion externe chez la plupart des Arachnides.

BIOLOGIE. — *Les potentialités évolutives des castes chez le* Reticulitermes *de Saintonge* (Rhinotermitidæ). Note (*) de M. **Harro Buchli**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une Note précédente (1) nous avons constaté que l'ouvrier de *Reticulitermes* possède la faculté de se transformer en néoténique fonctionnel et, par le stade intermédiaire de soldat blanc, en vrai soldat.

Des expériences récentes nous permettent de préciser les potentialités non seulement des ouvriers, mais aussi des nymphes chez le Termite de

(1) J. Millot, *Ordre des Araneides*, in *Traité de Zoologie*. P. P. Grassé, Masson édit., 1949, 6, p. 660.

(*) Séance du 25 juin 1951.

(1) P.-P. Grassé, Ch. Noirot, Mlle G. Clément et B. Buchli, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 892.

Saintonge (*Reticulitermes* sp.). Nos essais ont été faits selon la technique de Grassé et Noirot (1946) et de Miller (1942) avec des sociétés homogènes.

Dans des sociétés composées uniquement d'ouvriers provenant de grandes colonies naturelles du même âge, nous avons pu constater, qu'à partir du stade III (jeune ouvrier), chaque stade peut évoluer en soldat, en passant par le stade soldat blanc.

A partir du quatrième stade, chacun d'eux peut se transformer en sexué de remplacement comme nous l'avons déjà décrit. Nous avons constaté à diverses reprises que les ouvriers déjà typiques, des stades IV et V, ne deviennent des néoténiques que par un stade intermédiaire. A cause de leur caractère nymphal, nous appelons ces individus intermédiaires des *pseudonymphes*. Les pseudonymphes qui proviennent d'ouvriers du stade IV ont des fourreaux alaires plus prononcés que ceux qui proviennent du stade V, et, de même, les néoténiques. Nous avons quelquefois observé que dans les néoténiques provenant du stade V, les fourreaux alaires régressaient presque entièrement, bien que ceux de leurs pseudonymphes soient encore apparents.

Nous croyons avoir vu plusieurs fois que les ouvriers des stades III et IV peuvent exceptionnellement et tardivement se transformer en nymphes normales dans des colonies bien portantes quoique les nymphes apparaissent généralement à partir de la deuxième mue larvaire. Les pseudonymphes provenant d'ouvriers du stade IV peuvent évoluer en vraies nymphes, si l'on ajoute des sexués à la société dans laquelle elles se sont développées. Ces observations pourraient expliquer l'existence des pseudonymphes si l'on admet que les jeunes ouvriers ne sont pas encore complètement différenciés et peuvent encore changer de caste.

Les ouvriers des stades VI, VII et VIII semblent se développer en néoténiques par une seule mue. Mais, les observations suivantes nous en font douter. Dans toutes nos sociétés composées d'ouvriers des stades VI ou VII, nous avons constaté que la transformation d'ouvriers en néoténiques est précédée de l'apparition de quelques individus avec un thorax anormal. Les trois tergites sont plus larges que la normale, postérieurement moins arrondis, et possèdent une bordure translucide. Ces individus disparaissent au fur et à mesure de la formation des néoténiques.

Il nous semble que même les ouvriers adultes passent par un stade de pseudonymphes sans fourreaux alaires pour devenir néoténiques. Les néoténiques provenant d'ouvriers des stades VI, VII et VIII sont sans exception aptères.

Leur développement demande des temps très variables. Nous avons eu des sociétés d'ouvriers où le premier néoténique apparaissait trois semaines après la mise en élevage et d'autres, en *mauvaises conditions*, qui n'avaient pas encore formé de sexués après 18 mois.

Dans des sociétés homogènes de nymphes, nous avons constaté que les premières petites nymphes du stade III et des stades suivants ne peuvent se transformer en néoténiques par une seule mue. Les nymphes des stades III, IV, V ou VI, mises en sociétés homogènes, commencent, en grande partie, à régresser, d'abord en comportement et aussi morphologiquement, par les mues, vers la lignée des ouvriers. Elles deviennent ensuite des *pseudergates* (²) dans le sens employé par Grassé et Noirot pour le *Calotermes flavicollis*.

Des pseudergates qui se trouvent au stade VI et peut-être aussi d'autres, *peuvent* ensuite se transformer en soldats blancs et en *soldats*. Les soldats provenant de pseudergates ou nymphes régressées ne se distinguent des soldats provenant d'ouvriers que par la grandeur et la forme du mesonotum et du metanotum. Ces deux plaques possèdent des fourreaux alaires plus ou moins prononcés, selon le stade de régression de la nymphe dont ils proviennent. Nous avons même trouvé un soldat provenant d'un pseudergate dans une grande colonie de la Rochelle.

Les nymphes qui ne régressent pas dans les colonies homogènes poursuivent une évolution normale jusqu'au stade VI, pour devenir ensuite, par un stade intermédiaire à ébauches alaires réduites, des néoténiques brachyptères.

Dans toutes nos expériences, nous n'avons jamais obtenu de néoténiques aptères provenant de nymphes. Celles-ci ne semblent pouvoir se transformer en sexués de remplacement, qu'aux avant-dernier et dernier stades nymphaux (³).

Les sexués de la troisième forme, selon Snyder, ou néoténiques aptères, proviennent uniquement d'ouvriers de stades supérieurs, et les néoténiques brachyptères ou sexués de deuxième forme peuvent provenir de nymphes des derniers stades et *exceptionnellement* de jeunes ouvriers.

Nos sociétés homogènes, soit d'ouvriers, soit de nymphes, nous ont donc montré que, dans les deux castes, toutes les potentialités nécessaires pour reconstituer une colonie en équilibre sont présentes. Les nymphes peuvent régresser en pseudergates, les nymphes et les ouvriers se transformer en soldats et en néoténiques. Par conséquent, chaque fraction d'une colonie, quelle que soit sa composition, peut se reconstituer en une colonie entière.

Ainsi apparaît la ressemblance des potentialités évolutives des nymphes du *Reticulitermes* avec celles des larves et nymphes du *Calotermes flavicollis*, étudié par P.-P. Grassé et Charles Noirot, des ouvriers et nymphes du *Prorhinotermes simplex* étudié par E. Morton Miller (1942).

(²) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 219.

(³) Des néoténiques à longs fourreaux alaires provenant du dernier stade nymphal ont été signalés par Grassi, Snyder et P.-P. Grassé.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Croissance régénératrice au cours des cinq âges de la phase larvaire chez le Phasme* (Carausius morosus *Br.*). Note (*) de M. **André Voy**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les trois périodes du cycle de l'intermue se retrouvent au cours des cinq âges constituant la « phase larvaire » du Phasme. La valeur maxima de la régénération initiale y est sensiblement constante. La croissance régénératrice se fait uniquement pendant la première période du cycle, suivant immédiatement l'exuviation.

Le développement post-embryonnaire du Phasme (*Carausius morosus* Br.) comporte deux phases ([1]) : la *phase larvaire* s'étalant sur les cinq premiers âges et la *phase pré-imaginale*. Comme pour les deux derniers âges de la *phase larvaire* ([2]), les amputations ont été pratiquées systématiquement chaque jour des 1er (M1-M2), 2e (M2-M3), et 3e (M3-M4) âges. L'étude du pouvoir régénérateur a permis de retrouver les trois périodes successives de l'intermue.

La valeur maxima du pouvoir regénérateur (régénération initiale) a été déterminée sur des individus amputés les premiers jours de la première période. Les articles régénérés montrent une réduction maxima pour le fémur, le tibia, et l'article indivis (3e et 4e soudés) du tarse tétramère. La valeur maxima du pouvoir régénérateur, sensiblement constante pour chaque article au cours des trois premiers âges et comparable à celle des 4e et 5e âges, est donc constante pour toute la phase larvaire.

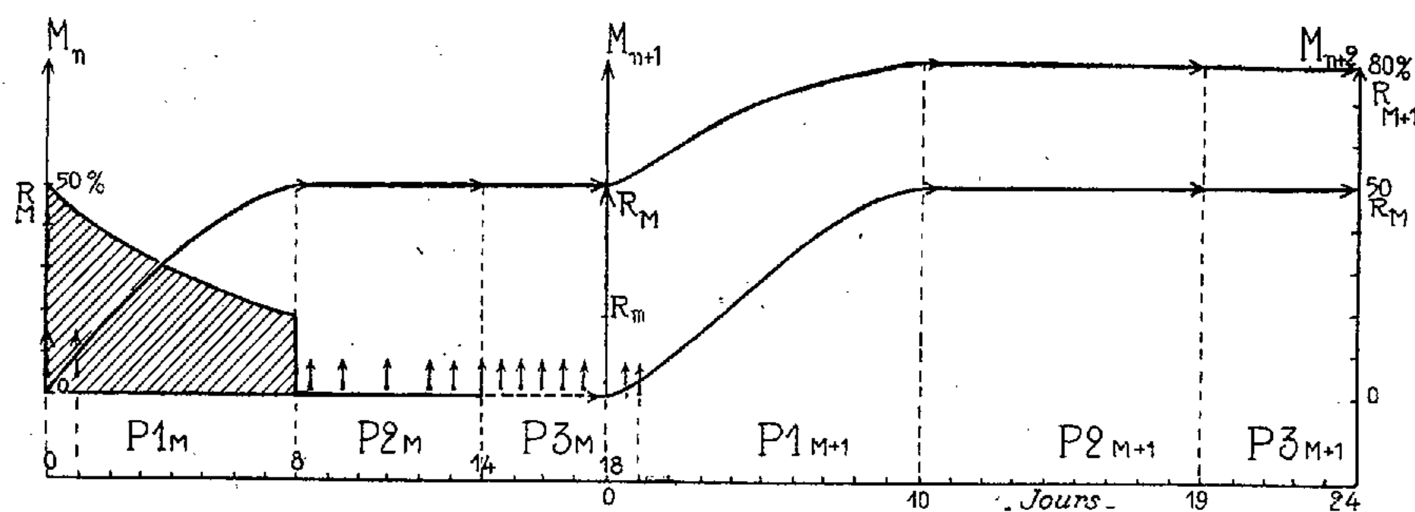
2° *Période de croissance des régénérats* (P1). — Les expériences ont porté sur une quarantaine d'individus pris initialement dans les 1er, 2e et 3e âges larvaires. Dans les trois cas, la patte antérieure droite a été amputée chaque jour dès les 1re, 2e et 3e périodes (P1M, P2M, P3M); la patte gauche de la même paire, les premiers jours seulement de la première période de l'âge suivant [P1(M + 1)], c'est-à-dire des 2e, 3e, 4e âges. La durée des expériences s'étalait ainsi sur deux intermues, avec un décalage de 3, 2, 1 périodes séparées par une exuviation. Les trois séries de cas possibles sont schématisées par les fractions : P1(M)/P1(M+1), P2(M)/P1(M+1), P3(M)/P1(M+1). Les longueurs respectives des articles des deux pattes ont été ensuite comparées à celles de la patte normale type. Dans les conditions de l'expérience, la durée moyenne de la première intermue a été de 17 à 18 jours, celle de la deuxième de 23 à 24; la deuxième amputation a donc provoqué un allongement sensible de la deuxième intermue.

(*) Séance du 25 juin 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 351.

([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 894.

Premier cas : P 1(M)/P 1(M + 1). — Les deux amputations sont séparées par une intermue complète représentée par ses trois périodes [P 1(M) + P 2(M) + P 3(M)]. La différence de longueur entre les articles correspondants des deux pattes régénérées représente la croissance du régénérat (formé au cours de la première intermue) pendant la deuxième intermue, elle est d'environ 30 % (régénération initiale 50 %).



Régénération maxima au bout d'une, deux intermues. *Mn*, *Mn* + 1, *Mn* + 2, mues d'ordre 0, 1, 2. R_M, régénération maxima; *Rm*, régénération minima. R_{M+1}, croissance régénératrice après deux intermues. *P1m*, *P2m*, *P3m*; *P1m* + 1, *P2m* + 1, *P3m* + 1, périodes successives pendant la première et la deuxième intermues. La zone hachurée indique la période de régénération (*P1*), le trait plein, la zone de cicatrisation (*P2*); le trait interrompu la période d'inaptitude (*P3*); les flèches, les périodes où ont été pratiquées les amputations correspondant à la courbe figurant la croissance régénératrice maxima.

Deuxième et troisième cas : P 2(M)/P 1(M + 1); P 3(M)/P 1(M + 1). — L'intervalle séparant les deux amputations est d'une part P 2(M) + P 3(M), d'autre part P3(M). Les longueurs des articles homologues des deux pattes régénérées fournissent des nombres comparables.

La régénération n'est donc possible que si les trois périodes sont représentées au moins une fois, quel que soit leur ordre, exemple :

$$P\,1(M) + P\,2(M) + P\,3(M),\quad P\,2(M) + P\,3(M) + P\,1(M+1);$$
$$P\,3(M) + P\,1(M+1) + P\,2(M+1),\quad \ldots;$$

et la croissance régénératrice ne se fait qu'au cours de la première période du cycle de l'intermue.

Articles.	Ha.	Tr.	Fm.	Tb.	Ta 1.	Ta 2.	Ta 3, Ta 4 soudés.	Ta 5.
1er âge : Régénér. init. max. (%).	65	75	36	29	50	44	20	58
2e âge : » » » .	66	77	35	34	51	41	22	57
3e âge : » » » .	64	75	34	33	49	44	22	59
(A1+A2), (A2+A3), (A3+A4) crois. régénér. max. (%).....	93	90	68	68	83	80	35	80
(A2—A1), (A3—A2), (A4—A3) crois. max. 2e intermue (%)..	27	15	32	33	37	37	17	38

Régénération maxima au cours des trois premiers âges larvaires.

Régénération maxima au bout de deux âges (A1 + A2), (A2 + A3), (A3 + A4).

Régénération maxima au cours de la deuxième intermue (A2 — A1), (A3 — A2), (A4 — A3). Base de référence : patte symétrique normale. Ha, hanche, Tr, trochanter; Em, fémur; Tb, tibia; Ta1. Ta2, Ta3, Ta4, Ta5, 1er à 5e articles du tarse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La spartéine, antagoniste de l'ésérine. Comparaison avec la procaïne.* Note (*) de M. **René Hazard**, Mlles **Élisabeth Corteggiani** et **Annick Cornec**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons montré [1] que la procaïne s'oppose à l'action inotrope et chronotrope négative que l'ésérine exerce sur le cœur; elle supprime, en outre, pendant un temps assez court, l'action dépressive de l'acétylcholine sur le cœur (mais non sur la pression artérielle), tandis qu'elle laisse à peu près inchangé l'effet de sensibilisation à l'acétylcholine sur le cœur et la pression artérielle produit par l'ésérine; enfin, elle fait disparaître chez le Chien les contractions de la fibre striée provoquée par l'ésérine.

Quel est le comportement de la spartéine, qui se range auprès de la procaïne parmi les inhibiteurs ganglionnaires antinicotiniques et curarisants ?

L'expérimentation a été effectuée chez le Chien chloralosé soumis à la respiration artificielle et vagotomisé. On enregistre en même temps que la pression artérielle les contractions du cœur *in situ*. Le salicylate d'ésérine est injecté lentement dans la saphène, à des doses de 100 à 200 μg [2], suivant la sensibilité de l'animal. Après quelques minutes, on observe tout particulièrement sur l'oreillette une diminution progressive de l'amplitude des contractions suivie d'un ralentissement du rythme cardiaque. Cette action dure en moyenne une trentaine de minutes, mais si au moment où l'ésérine exerce son plein effet, c'est-à-dire environ 5 mn après l'injection de cet alcaloïde, on pratique une injection de 0,005 g de sulfate de spartéine, les contractions cardiaques reprennent presque immédiatement un rythme et une amplitude au moins égaux à la normale. Donc la spartéine, comme la procaïne, combat l'inhibition ésérinique. Le tétraéthylammonium, autre paralysant synaptique, supprime lui aussi, d'après C. Heymans [3], l'action nicotinique ganglionnaire de l'ésérine.

Les contractions musculaires provoquées par l'ésérine qui, sur le tracé, s'inscrivent comme des secousses brusques imprimées au cœur, disparaissent sous l'influence de la spartéine.

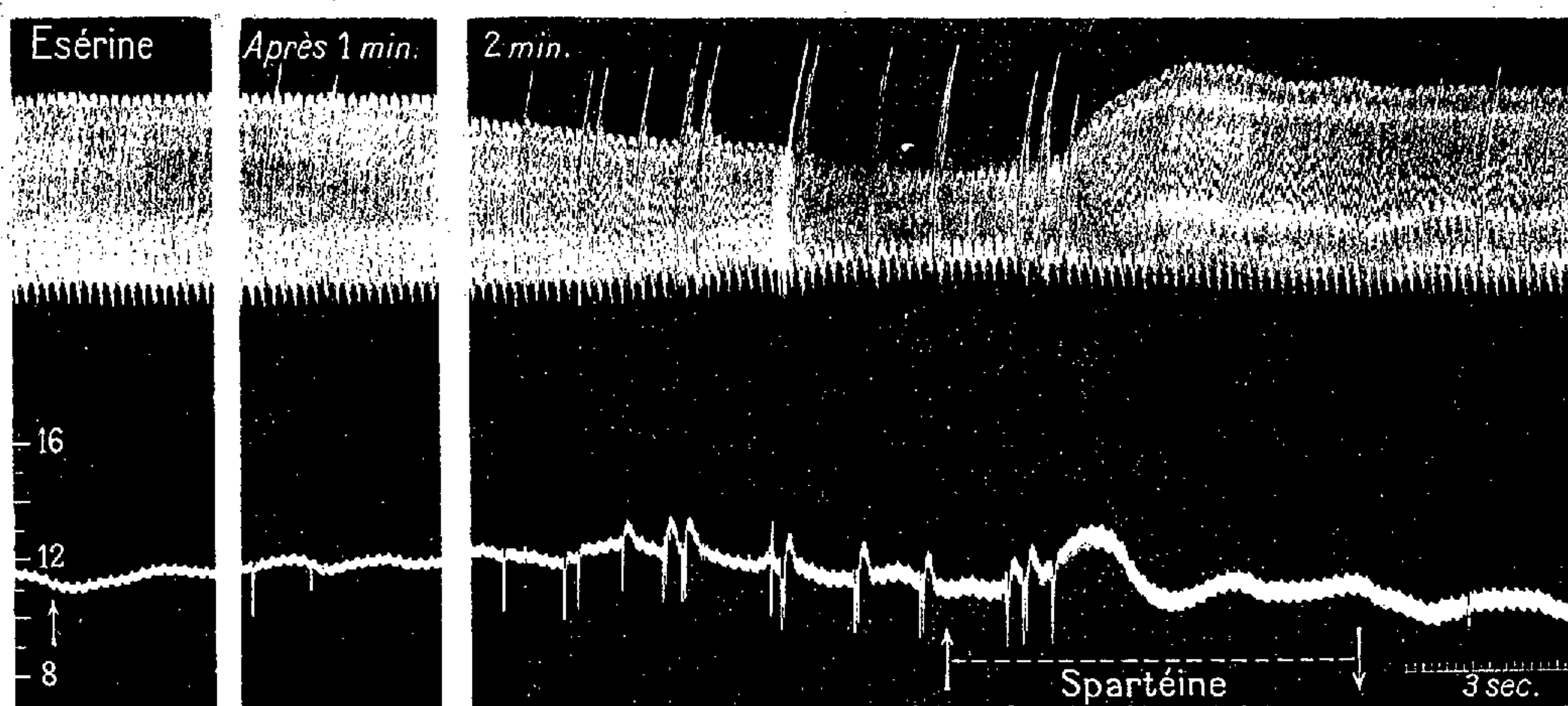
(*) Séance du 2 juillet 1951.

(1) R. Hazard, E. Corteggianni et J. Cheymol, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 627.

(2) Tous les produits sont injectés par la voie intraveineuse et leurs doses rapportées au kilogramme d'animal.

(3) *Exposés annuels de Biochimie médicale*, 12e série, Masson, 1930, p. 49.

La spartéine, comme la procaïne aussi, supprime, mais d'une manière assez durable cette fois, l'action de l'acétylcholine sur le cœur en respec-



Chien ♂; 12 kg, chloralosé; respiration artificielle; vagotomie double. Tracé supérieur : enregistrement des mouvements de l'auricule cardiaque. Tracé inférieur : pression artérielle; échelle de pression en cm de Hg, En bas, à droite, temps en 3 secondes.

A (↑) 16 h. 18 injection intraveineuse de 150 μg de salicylate d'ésérine.

A (↑) 16 h. 25 injection intraveineuse de 0,005 g. de sulfate de spartéine.

(Tracé réduit de moitié.)

tant son action hypotensive. Mais une différence la sépare de la procaïne en ce qui concerne la sensibilisation à l'acétylcholine par l'ésérine. La spartéine la respecte sur la pression artérielle, mais la diminue sur le cœur.

On saisit donc ici entre la spartéine et la procaine, en ce qui concerne leur comportement à l'égard des poisons du système nerveux autonome, de nouveaux points de rapprochement dans l'ensemble, avec quelques différences secondaires.

PHARMACODYNAMIE. — *Concentration thermodynamique narcotisante des alcools aliphatiques dans l'eau des tissus des Poissons.* Note de MM. **Bernard A. Lindenberg** et **Claude Gary-Bobo**, présentée par M. Léon Binet.

Les variations d'activité thermodynamique-seuil de la narcose, constatées chez des Téléostéens d'eau douce et de mer, ne sont pas fonction de la longueur de la chaîne aliphatique des narcotiques, mais dépendent de certaines particularités touchant le mécanisme d'action pharmacodynamique, communes à plusieurs alcools même non homologues.

Badger (1), après Ferguson (2), avait formulé la règle suivant laquelle

(1) *Nature* (Londres), 158, 1946, p. 585.
(2) *Proc. Roy. Soc.*, B, 197, 1939, p. 387.

l'activité thermodynamique nécessaire pour provoquer la narcose augmentait régulièrement avec l'allongement de la chaîne carbonée des narcotiques indifférents.

Or « si le principe d'égale activité thermodynamique, pour un égal degré de narcose, a quelque validité générale, il doit être particulièrement manifeste dans une série homologue de composés, pour lesquels on est en droit de s'attendre à un même mécanisme d'action narcotique » ([3]).

Pour obtenir le seuil de la narcose, le poisson est placé dans une solution du narcotique dans l'eau ordinaire (Goujon) ou marine (Blennie), de concentration au moins double de celle que l'on atteint, chez l'animal narcotisé. Dans ces conditions, le temps mis pour narcotiser l'animal dépasse rarement, à 15°, 30 mn pour les alcools étudiés, et les concentrations-seuil pour différents individus oscillent dans des limites assez étroites (±12,5 %). La condition d'une *narcose rapide* est essentielle dans le cas des alcools supérieurs, quand les quantités absolues de narcotique pénétrant dans l'organisme sont faibles.

Gobio fluviatilis (Goujon), Δ cryoscopique tissulaire = — 0°,56.

	m (corrigé).	N.10³.	γ.	r.	a.10³.
Méthanol	0,25	4,5	1,51	1,02	6,9
Éthanol	0,10	1,8	3,69	1,04	6,9
Propanol norm	0,026	0,47	14,4	1,06	7,15
Butanol norm	0,0105	0,19	52,9	1,08	10,8
Isobutanol	0,012	0,215	43,2	1,08	10,0
Butanol sec	0,015	0,27	25,1	1,08	7,3
Butanol tert	0,054	0,97	11,8	1,08	12,4
Pentanol norm	0,0023	0,0415	214,0	1,10	9,75
Pentanol tert	0,014	0,25	35,1	1,10	9,6
Hexanol norm	0,00055	0,01	903,0	1,12	10,4

Blennius pholis (Blennie marine), Δ cryoscopique tissulaire = — 0°,90.

	m (corrigé).	N.10³.	γ.	r.	a.10³.
Méthanol	0,40	7,15	1,51	1,03	11,1
Éthanol	0,165	2,95	3,69	1,065	11,5
Propanol	0,045	0,81	14,4	1,09	12,7
Isopropanol	0,11	1,98	7,7	1,09	16,6
Butanol norm	0,012	0,215	52,9	1,13	12,85
Butanol sec	0,021	0,38	43,2	1,13	10,8
Butanol tert	0,07	1,26	11,8	1,13	16,8

m, nombre de molécules-grammes d'alcool par 1000 g d'eau du poisson narcotisé;
N, fraction molaire (d'alcool) correspondante;
γ, coefficient d'activité thermodynamique du narcotique dans l'eau ([4]);
r, facteur de relargage salin dans l'eau tissulaire;
a, activité thermodynamique calculée, correspondant au seuil de la narcose.

([3]) F. Brink et J. M. Posternak, *J. cell. comp. Physiol.*, 32, 1948, p. 211.
([4]) J. A. V. Butler, C. N. Ramchadani et D. W. Thomson, *J. Chem. Soc.*, 1935, p. 280.

Les résultats d'expériences ont été calculés en rapportant les quantités de narcotique trouvées dans l'organisme narcotisé à l'eau des tissus. La *concentration approchée* ainsi obtenue est valable pour les alcools miscibles à l'eau, mais doit être corrigée dans le cas des alcools moins hydrosolubles, du fait de leur solubilisation dans les constituants tissulaires non aqueux. La grandeur de cette correction est de 2,5 % pour le butanol secondaire (concentration approchée divisée par 1,025), de 3,5 % pour l'isobutanol, de 4 % pour le butanol normal, de 5,5 % pour le pentanol tertiaire, de 15,5 % pour le pentanol normal et de 47,5 % pour l'hexanol normal.

On voit à l'examen de ces résultats que les concentrations narcotisantes ne sont pas les mêmes chez les deux Téléostéens; il est peu probable que cette divergence tienne aux conditions de vie différentes du Goujon dulcicole et de la Blennie marine (car des différences du même ordre se retrouvent entre des Téléostéens d'eau douce); d'autre part, l'effet déshydratant de la concentration osmotique extérieure ne paraît pas plus opérant chez les poissons sténohalins que chez la Blennie euryhaline, le phénomène toxique de narcose provoquant souvent par lui-même une certaine déshydratation tissulaire.

Chez le Goujon, les trois premiers alcools primaires et le butanol secondaire déterminent le seuil de narcose à la même activité thermodynamique. L'activité-seuil est 1,5 fois plus grande pour les deux butanols primaires, les pentanols normal et tertiaire, et l'hexanol normal.

Chez la Blennie, un premier groupe comprend encore les alcools méthylique, éthylique et butylique secondaire; mais le propanol normal rejoint ici le butanol primaire, dont la concentration thermodynamique narcotisante est de 15 % plus élevée.

Chez les deux espèces, le triméthylcarbinol forme, avec l'isopropanol, un troisième groupe d'alcools à action narcotique encore moins prononcée.

Or, cette catégorisation quantitative correspond à des différences de comportement des poissons traités par les alcools. Ce sont précisément les trois premiers alcools primaires chez le Goujon, les deux premiers chez la Blennie, qui déterminent des manifestations d'ivresse et d'excitation violente, dégénérant finalement en une crise, sorte de *delirium tremens*, annonciatrice de l'insensibilisation de l'animal.

Il apparaît ainsi qu'aussi longtemps que le mode d'action pharmacodynamique reste apparemment le même, l'activité thermodynamique-seuil demeure invariable.

A 15 h 55 mn l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 20 mn.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1951.

Institut royal des sciences naturelles de Belgique. *Mémoires*. Deuxième série. Fasc. 33. *Résultats scientifiques des croisières du navire-école belge « Mercator »*. Vol. IV. Extrait. Part II. *Méduses*, par GILBERT RANSON. Bruxelles, 1949; 1 fasc. 33,5 cm.

Bulletin de l'Institut océanographique. N° 983. *Observations morphologiques, biologiques, biogéographiques, géologiques et systématiques sur une espèce d'huître de Madagascar et d'Afrique du sud :* « Gryphæa margaritacea (Lmk) », par GILBERT RANSON, Monaco, 1951 ; 1 fasc. 25 cm.

Écologie et répartition géographique des ostréidés vivants, par GILBERT RANSON. Extrait de la *Revue scientifique*, n° 3296, 1948; 1 fasc. 31,5 cm.

Savoir en histoire naturelle. Vol. XXII. *Les huîtres. Biologie. Culture*, par GILBERT RANSON. Paris, Paul Lechevalier, 1951 ; 1 vol, 15 cm.

Géonémie, écologie et répartition géographique des coraux constructeurs de récifs. Coraux et climats, par GILBERT RANSON; 1 feuillet 25 cm.

Académie royale de Belgique. *Bulletin de la Classe des sciences*. Cinquième série. T. XXXVI, 1950. Extrait *De Gauss à Cartan*, par FERNAND SIMONART. Bruxelles, Palais des Académies, 1950; 1 fasc. 25 cm.

Union géodésique et géophysique internationale. Association de météorologie. Réunion de Bruxelles (20 août-1er septembre 1951) 1 fasc. 24,5 cm.

Union internationale des sciences biologiques. Série C. N° 2. *Catalogue des échantillons types des collections de paléontologie* du Muséum national d'histoire naturelle de Paris. *Mammifères (Multituberculis, Marsupiaux, Primates, Tillodontes, Carnivores et Condylarthrés)*, par RAYMONDE CINTRACT. N° 3. *Catalogue systématique des types de trochilidés du Muséum national d'histoire naturelle de Paris*, par CHRISTIAN JOUANIN. N° 9. *Les bases écologiques de la régénération de la végétation des zones arides*. Paris, Secrétariat général de l'U. I. S. B., 1951 ; 3 fasc. 24 cm (présenté par M. R. Heim).

Elementi di Biochimica (Chimica, Fisiologica e Patologica), par PIETRO RONDONI. Sesta edizione. Torino, Unione tipografico-editrice Torinese, 1951 ; 2 vol. 25,5 cm.

Manuels Ouest-africains. Vol. I. *La forêt dense. Introduction à l'étude botanique de la région forestière d'Afrique occidentale*, par RAYMOND SCHNELL. Paris, Paul Lechevalier, 1950; 1 vol. 25 cm (présenté par M. A. Chevalier).

Les huîtres des « bancs naturels » sont seules susceptibles d'assurer la pérennité de l'espèce, par GILBERT RANSON, in *Basteria*. Vol. XV, nos 1 et 2, 1951 ; 1 fasc. 23 cm.

La cybernétique. Théorie du signal et de l'information, par JULIEN LOEB, ROBERT FORTET, M. D. INDJOUDJIAN, ANDRÉ BLANC-LAPIERRE, P. AIGRAIN, J. OSWALD, DENIS GABOR, JEAN VILLE, PIERRE CHAVASSE, SERGE COLOMBO, YVON DELBORD, JEAN ICOLE, PIERRE MARCOU, ÉDOUARD

Picault. *Réunions d'études et de mises au point*, tenues en avril-mai 1950, sous la présidence de Louis de Broglie. Paris, Éditions de la Revue d'optique théorique et instrumentale, 1951; 1 vol. 22 cm.

Techniques d'Outre-Mer. Revue bimestrielle. Nouvelle série. N° 1. Janvier-Février 1951. Paris, 1951; 1 fasc. 24 cm.

Éléments de physique moderne théorique, par Georges Guinier. Préface de Louis de Broglie. III. Statistiques quantiques in *Bibliothèque de la Science moderne*, Paris, Bordas, 1951; 1 vol. 25 cm.

Le laboratoire national de radioélectricité, par Robert Bureau. Extrait de la *Revue des P. T. T. de France*, n° 1, 1951. Paris, Imprimerie nationale; 1 fasc. 27 cm.

Malaysian plant. Collectors and Collections being a cyclopaedia of botanical exploration in Malaysia and a guide to the concerned literature up to the year 1950, by M. J. van Steenis-Kruseman. *Flora malesiana.* Series I. *Spermatophyta.* Vol. I. Djakarta, Noordhoff-Kolff N. V., 1950; 1 vol. 25,5 cm.

Union internationale pour la protection de la nature. *État de la protection de la nature dans le monde en* 1950. Bruxelles, 1951; 1 vol. 22,5 cm (présenté par M. R. Heim).

Organisme et Sexualité, par Maurice Caullery, in *Encyclopédie scientifique*. Deuxième édition. Paris, G. Doin, 1951, 1 vol. 21 cm.

Chimie physique. I. Thermodynamique chimique. Équilibres gazeux, par Guy Emschwiller. Paris, Presses universitaires de France, 1951; 1 vol. 19 cm (présenté par M. Louis Hackspill).

British spiders. by G. H. Locket and A. F. Millidge. Vol. I. London, Ray Society, 1951; 1 vol. 22 cm.

International Union of geodesy and geophysics. *Ninth general Assembly*, Brussels, 21 st August-1 st september 1951. General Secretary's report for the period 1948-1950; 1 fasc. 24,5 cm.

Ministère de la France d'Outre-Mer. *Recherches géologiques et minières aux îles Saint-Pierre et Miquelon*, par Edgar Aubert de la Rüe. Paris, Office de la recherche scientifique Outre-Mer et Librairie Larose, 1951; 1 fasc. 27 cm.

L'évolution biologique. Les faits. Les incertitudes, par Lucien Cuénot, avec la collaboration de Andrée Tétry. Paris, Masson et Cie, 1951; 1 vol. 25 cm.

Traité de zoologie. Anatomie. Systématique. Biologie publié sous la direction de Pierre-Paul Grassé. T. X. Fasc. 1 et 2. *Insectes supérieurs et Hémiptéroïdes*, par A. Badonnel, Lucien Berland, F. Bernard, J. Bourgogne, R. Despax, Pierre-Paul Grassé, René Jeannel, G. Le Masne, P. Pesson, R. Poisson, E. Séguy. Paris, Masson et Cie, 1951; 2 vol. 25 cm.

(*à suivre*).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JUILLET 1951.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 14 juin 1951, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **GEORGES GUILLAIN** pour occuper, dans la Section de médecine et chirurgie, la place vacante par le décès de M. *Hyacinthe Vincent*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **GEORGES GUILLAIN** prend place parmi ses Confrères.

MICROBIOLOGIE AGRICOLE. — *Observations sur les produits d'excrétion du* Bacterium Radicicola *et leurs propriétés vitaminiques*. Note de M. **ALBERT DEMOLON** et Mlle **ROSA ROZOWSKA**.

Le *B. Radic.*, dont la culture nécessite la présence de substances organiques de croissance, en élabore un excès au cours de son développement sur milieu favorable. Il y a, d'autre part, diffusion dans le milieu de culture de substances entraînant un effet inhibiteur; mais, par diminution de leur concentration, on observe une action stimulante sur le développement du germe.

Le développement du *B. Radicicola* sur milieu gélosé défini antérieurement (1) donne lieu à une abondante culture non adhérente au substrat; le germe s'y présente à l'état zoogléique, enrobé dans une masse muqueuse. Ce caractère appartient à tous les groupes de *B. Radicicola*. Une conception finaliste l'a interprété comme une fonction de protection; il s'agit à nos yeux d'une excrétion; celle-ci ne se produit pas dès le développement initial du germe et, d'autre part, elle ne peut être attribuée à la dégénérescence qui s'observe ultérieurement; elle est liée à la transformation du *B. Radicicola* lorsqu'il passe de la phase bacillaire aux formes ovoïdes à corpuscules polaires (2).

---

(1) A. DEMOLON, R. ROZOWSKA et G. JACOBELLI, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1015.

(2) A. DEMOLON et R. ROZOWSKA, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 372.

L'excrétion gommeuse est constituée essentiellement par des polyosides. Elle est exempte de glucides réducteurs et donne des acides uroniques par hydrolyse sulfurique ([3]). Nos observations ont porté sur ses propriétés biologiques.

Incorporée dans le milieu de culture de base sans glucose, elle assure la nutrition carbonée du *B. Radicicola*, mais dans des conditions moins favorables que les glucides; le germe reste à l'état de petit bacille, sans présenter son cycle évolutif normal. Signalons l'analogie avec la pectine qui constitue également un médiocre aliment carboné; en milieu gélifié par celle-ci, le développement du germe se produit lentement, avec pénétration en profondeur. Cette observation permet d'expliquer l'infection de la plante au niveau des poils absorbants pourvus d'une membrane non cellulosique.

Nous avons déjà indiqué que la masse d'ensemencement joue un rôle important en amorçant la multiplication du germe. L'excrétion gommeuse est en effet comparable à l'extrait de levure au point de vue des substances vitaminiques nécessaires au développement initial du *B. Radicicola* parmi lesquelles la biotine est prépondérante. Incorporée dans la gélose minérale glucosée, l'excrétion assure une culture aussi satisfaisante qu'avec addition de l'autolysat de levure. Pour analyser le phénomène nous avons procédé aux expériences suivantes avec un même matériel :

1° Une émulsion concentrée de la masse gommeuse a été laissée au contact de l'éther pendant 8 jours avec agitations fréquentes. La couche muqueuse a été soutirée aseptiquement et divisée en deux parties : l'une a été chauffée 2 h à 100°, l'autre à 40° seulement. Chaque fraction, ainsi que l'extrait éthéré, ont été incorporés à la gélose sans levure qu'on a ensuite ensemencée avec une émulsion pauvre de *B. Radicicola* de manière à ne pas introduire de substances accessoires.

2° Nous avons, d'autre part, expérimenté sur le liquide aqueux clair obtenu en chauffant l'émulsion au bain-marie à 100° pendant 2 h, puis en séparant le coagulum par centrifugation. Ce liquide renfermant des traces d'azote aminé a été introduit dans la gélose comme précédemment.

Le tableau ci-après indique le développement comparé des cultures après 72 h à 25° (+++ optimum, ++ satisfaisant, + maigre) :

Gélose glucosée							
Sans levure		Avec levure.	Avec biotine crist. (2,5 γ p. l.) + nitrate de K.	+ Excrétion totale chauffée		+ Extrait éthéré.	+ Solution aqueuse.
	+ NO_3K ou asparagine.			100°.	40°.		
0	+	+++	++	+++	+	0	+++

([3]) Bray, Schlüchterer et Stacey, *Biochem. J.*, **38**, 1944, p. 154-156.

On voit que les substances actives sont insolubles dans l'éther et solubles dans l'eau; elles augmentent par chauffage de la masse à 100°; ces caractères joints à nos observations antérieures nous autorisent à présumer l'intervention de la biotine.

Les mêmes expériences ont été effectuées en utilisant des cultures jeunes de *B. Megatherium* et d'*Azotobacter chroococcum* traitées comme il vient d'être indiqué et incorporées dans la gélose minérale sans levure.

	Gélose sans levure + émulsion concentrée de divers germes.			Gélose sans levure	
Germe ensemencé.	*B. Radic.*	*Azotob. chrooc.*	*B. Megather.*		+ asparagine.
B. Radic. (pois)............	+++	+++	+++	o	+
Azotobac. chrooc...........	++	+	++	++	+
B. Megather..............	++	++	++	o	+

On voit que l'*Azotobacter* et le *B. Megatherium* élaborent les substances de croissance nécessaires au *B. Radicicola*, mais celles-ci sont moins actives pour le *B. Megatherium* et sans effet sur l'*Azotobacter* (4).

Nous avons d'autre part déjà indiqué que le développement du *B. Radicicola* s'accompagne de la diffusion dans la gélose de substances vraisemblablement de même nature que celles constatées dans l'excrétion gommeuse et qui exercent une action inhibitrice spécifique. Par diminution de leur concentration, cette action devient au contraire favorisante. Pour le montrer nous avons comparé la gélose vaccinée et non vaccinée, en les diluant à des taux croissants avec la même gélose non additionnée d'extrait de levure. Le tableau ci-après résume l'ensemble des observations :

	Gélose vaccinée		Gélose non vaccinée		
	initiale.	diluée à 1/30.	dilut. 1/6.	dilut. 1/30.	Gélose sans levure.
Culture.................	o	+++	+++	±	o

Ces résultats se trouvent confirmés lorsque les mêmes expériences sont effectuées avec le liquide obtenu par diffusion dans l'eau des substances présentes dans la gélose vaccinée. Cette solution, ajoutée au milieu nutritif, provoque une accélération du développement du *B. Radicicola* imputable non aux traces d'azote introduites, mais aux substances vitaminiques diffusées.

Ainsi donc, à l'action toxique se substitue un effet stimulant comparable à celui de l'extrait de levure et même supérieur, puisque la dilution à 1/30 de la gélose vaccinée se montre équivalente à celle de 1/6 au plus de la

(4) Ce qui confirme pour ce germe les observations de Jones et Greaves (*Soil. Soc.*, 55, 1943, p. 393.

gélose non vaccinée. D'autre part, les produits toxiques disparaissent du milieu par rotation de cultures portant sur d'autres germes que celui ayant donné lieu à la vaccination.

En définitive, si la vie microbienne entraîne une accumulation de produits rendant le milieu de plus en plus impropre à son entretien, elle est aussi génératrice de substances qui la stimulent à une concentration convenable. Ces faits s'observent également pour les phytohormones.

Ajoutons que les excrétions vitaminiques du *B. Radicicola* pourraient expliquer l'action favorable exercée par la symbiose bactérienne sur la vigueur végétative des légumineuses, en dehors de son intervention dans la nutrition azotée. Nous reviendrons sur cette question.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie l'Ouvrage suivant : *Académie des sciences morales et politiques. Notices biographiques et bibliographiques. Membres titulaires et libres, Associés étrangers, à la date du* 1er *juillet* 1950, *Règlement, Fondations, Documents divers.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Reports of statistical application research. Union of Japanese scientists and engineers.* Vol. 1, n° 1.

2° *Acta veterinaria Academiæ scientiarum hungaricæ.* Tomus I, fasciculus 1.

Il signale également un Ouvrage polycopié :

Union géodésique et géophysique internationale. Association de Météorologie. Réunion de Bruxelles, 1951. *Programme. Résumé des Communications et Rapports nationaux.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les formes différentielles méromorphes à parties singulières données.* Note de M. **Pierre Dolbeault**, présentée par M. Jacques Hadamard.

On recherche les conditions d'existence d'une forme méromorphe (fermée ou non) égale à une forme méromorphe (fermée ou non) donnée au voisinage de chaque point, à l'addition près d'une forme holomorphe, sur certaines variétés analytiques complexes. Le problème a déjà été résolu pour les fonctions méromorphes et pour les formes fermées de degré 1 [1]. Application aux formes de deuxième espèce.

Soit V une variété analytique complexe et soit r un recouvrement

[1] A. Weil, *Comm. mat. helv.*, 20, 1947, p. 112; *cf.* H. Cartan, *Séminaire Bourbaki*, Paris, décembre 1950.

localement fini par des compacts U_i tels que U_i et les $U_i \cap U_j \neq \emptyset$ soient homéomorphes à des boules fermées. On notera N_r le nerf de ce recouvrement. Une forme différentielle est holomorphe (resp. méromorphe) en un point de V si, pour un système de coordonnées complexes en ce point, ses coefficients sont holomorphes (resp. méromorphes).

1. *Problème* I : [2] V est supposée kählérienne compacte. — On donne, dans $U_i \cap U_j$, une forme pure F_{ij} de type $(p-q, q)$, primitive $(\Lambda F_{ij} = 0)$, telle que $F_{ij} + F_{jk} + F_{ki} = 0$ et que dF_{ij} soit pure de type $(p-q+1, q)$ et primitive. Chercher F_i, forme pure de type $(p-q, q)$, primitive, telle que dF_i soit pure de type $(p-q+1, q)$, primitive et que $F_i - F_j = F_{ij}$.

Les hypothèses entraînent l'existence de G_i indéfiniment différentiables, de type $(p-q, q)$, primitives, telles que $G_i - G_j = F_{ij}$ et que les ΔG_i soient harmoniques. Cela détermine de façon unique

$$dG_i = l_i^{(p-q+1, q)} + L\, l^{(p-q, q-1)} + \mathcal{L}^{(p-q, q+1)};$$

les formes l_i, l, $\mathcal{L}$ sont harmoniques, l_i et l primitives. La condition nécessaire et suffisante pour que le problème soit possible est $l^{(p-q, q-1)} = 0 = \mathcal{L}^{(p-q, q+1)}$. Alors, F_i est déterminée à l'addition près d'une forme pure de type $(p-q, q)$, primitive, harmonique, définie sur V.

On suppose désormais $q = 0$; les F_{ij} et les F_i sont holomorphes, d'où :

Théorème 1. — *Pour $q = 0$, la possibilité du problème* I *équivaut à $\mathcal{L}^{(p,1)} = 0$.*

La donnée définit un espace fibré principal E, de base v^p (espace des p-vecteurs analytiques tangents à V) et de fibre C (groupe additif des complexes). Le problème I est la recherche d'une section analytique, linéaire par rapport aux p-vecteurs en chaque point. Deux espaces E associés à la même forme $\mathcal{L}^{(p,1)}$ sont isomorphes. $\mathcal{L}^{(p,1)}$ harmonique étant donnée, il existe une forme G_i de type $(p, 0)$ telle que $dG_i = \mathcal{L}^{(p,1)} | U_i$, d'où :

Théorème 2. — *Il existe une correspondance biunivoque entre les formes harmoniques de type* $(p, 1)$ *de* V *et les classes d'espaces fibrés principaux* E. *Dans chaque classe, il existe un* E *défini par des* F_{ij} *fermées.*

Application. — Une donnée de formes méromorphes Π_i telles que $\Pi_i - \Pi_j$ soit holomorphe définit une donnée I. L'existence d'une forme méromorphe Π sur V telle que $\Pi - \Pi_i$ soit holomorphe équivaut à la possibilité du problème I (généralisation du problème additif de Cousin).

Remarque. — Pour $q = 0$, le problème I conserve un sens pour toute variété analytique, il a toujours une solution si V est un domaine d'holomorphie.

---

[2] La forme différentielle ω_i (resp. ω_{ij}) est définie sur U_i (resp. $U_i \cap U_j$). Une forme notée sans indice est supposée définie sur V tout entière. $\omega_i = \omega | U_i$ signifie : ω_i est la restriction à U_i de la forme ω. Une p-forme pure de type q est dite, ici, de type $(p-q, q)$; le type est indiqué en exposant.

2. *Problème* II. — Dans $U_j \cap U_j$, on donne une p-forme holomorphe fermée ω_{ij} telle que $\omega_{ij}+\omega_{jk}+\omega_{ki}=0$. Chercher une p-forme holomorphe fermée ω_i telle que $\omega_i-\omega_j=\omega_{ij}$.

Il existe des $(p-1)$-formes holomorphes f_{ij} telles que $df_{ij}=\omega_{ij}$; $f_{ij}+f_{jk}+f_{ki}$ est une $(p-1)$-forme homolorphe fermée c_{ijk} qui définit un 2-cocycle $\mathcal{C}$ de N_r relatif au faisceau $\mathcal{F}$ des $(p-1)$-formes holomorphes fermées ([3]). $\mathcal{C}$ étant déterminé à un cobord près, la donnée définit une classe de cohomologie c de V relative au faisceau $\mathcal{F}$. Si $c=0$, il existe un raffinement de r sur lequel la donnée induite entraîne $f_{ij}+f_{jk}+f_{ki}=0$, donc définit un espace E.

THÉORÈME 3. — *La condition $c=0$, nécessaire pour que le problème* II *ait une solution, est suffisante dans chacun des deux cas :*

a. V *domaine d'holomorphie :* E est trivial; f_i étant une section de E, $\omega_i=df_i$ est une solution.

b. V *kählérienne compacte :* la forme $l_i^{(p,0)}$ définie au paragraphe 1 est une solution.

Application : ϖ_i étant une forme méromorphe fermée telle que $\varpi_i-\varpi_j=\omega_{ji}$ soit holomorphe, l'existence d'une forme méromorphe fermée ϖ sur V telle que $\varpi-\varpi_i$ soit holomorphe équivaut à la possibilité du problème II pour la donnée des ω_{ij}. Alors, Y étant la variété polaire du système des ϖ_i, c est l'image canonique d'un élément de la limite projective des espaces vectoriels de cohomologie (relative à $\mathcal{F}$), de dimension 2, des voisinages ouverts de Y.

3. *Formes différentielles de deuxième espèce* (V kählérienne compacte). — Une p-forme méromorphe ϖ est de deuxième espèce s'il existe un recouvrement fini r et, dans chaque U_i, une Π_i méromorphe telle que $\varpi \mid U_i=d\Pi_i+\omega_i$, ω_i étant holomorphe fermée.

Pour que des Π_i définissent une forme de deuxième espèce, il faut et il suffit qu'en posant $\Pi_i-\Pi_j=\Phi_{ij}$, $d\Phi_{ij}$ soit holomorphe et que la classe caractéristique c des $\omega_{ij}=d\Phi_{ij}$ soit nulle. Deux formes de deuxième espèce appartiennent à la même *classe* si leur différence est égale à $\omega+d\Pi$, ω étant holomorphe et Π méromorphe sur V. Alors, $M^{(p-1,1)}$ étant l'espace vectoriel des formes harmoniques de type $(p-1,\ 1)$ et $m^{(p-1,1)}$ le sous-espace dont les éléments correspondent, dans le théorème 2, à des $F_{ij}=\Pi'_i-\Pi'_j$ (Π'_i méromorphe fermée), on a :

THÉORÈME 4. — *Il existe un homomorphisme canonique de l'espace vectoriel des classes de formes de deuxième espèce dans* $M^{(p-1,1)}/m^{(p-1,1)}$. *Dans le cas $p=1$, c'est un isomorphisme dans* $M^{(0,1)}$.

([3]) Pour la théorie des faisceaux, *voir* H. CARTAN, *Séminaire de topologie algébrique*, Paris, 1950-1951, exposés XIV à XX.

ÉLASTICITÉ PLANE. — *Sur la décomposition d'un état d'équilibre quelconque en deux états simples qui dérivent d'une fonction holomorphe chacun.* Note (*) de M. **François Teissier du Cros**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans l'état d'équilibre E qui suit l'application des forces, le déplacement de l'élément matériel parti du point $m(x, y)$ a les coordonnées u, v. Les quantités $W = u + iv$, $W_0 = u - iv$ et les éléments N_1, N_2, T_3 de la contrainte en m deviennent par la substitution $x = (z+t)/2$, $y = i(t-z)/2$, (z, t variables complexes indépendantes) des fonctions analytiques de z, t que nous désignons ici par la même initiale. Nous avons établi [1] les expressions et formules ci-dessous :

$$(1)\quad \begin{cases} \mu W_0 = \tau P^*(t) - t\dfrac{dP}{dz} + \dfrac{dQ}{dz}, \\ \mu W = \tau P(z) - z\dfrac{dP^*}{dt} + \dfrac{dQ^*}{dt}; \end{cases}$$

$$(2)\quad \begin{cases} N_1 + N_2 = \dfrac{2}{\tau - 1}\left(\dfrac{\partial W}{\partial z} + \dfrac{\partial W_0}{\partial t}\right), \\ \dfrac{1}{2}(N_1 - N_2) - iT_3 = 2\mu\dfrac{\partial W_0}{\partial z} \end{cases}$$

[μ, τ, coefficients élastiques réels; $P(z)$, $Q(z)$ fonctions analytiques dans le domaine D_0, formé de l'ensemble des points où la force extérieure est nulle, le * désigne la fonction imaginaire conjuguée].

Trois états E_1, E_2, E_3 étant associés aux fonctions P_1, Q_1; P_2, Q_2; P_3, Q_3 respectivement, si $P_1 = P_2 + P_3$, $Q_1 = Q_2 + Q_3$, on dira que E_1 est la *superposition* de E_2 et E_3, ou qu'il se décompose en E_2 et E_3. La contrainte dans E_1 est alors la somme de la contrainte dans E_2 et de celle dans E_3, en tout point m.

Prenons deux points A_1, A_2 à distance finie dans le plan xOy, (leur situation par rapport à D_0 n'importe pas) et soient a_1, a_2 leurs affixes; $\bar{a}_1$, $\bar{a}_2$ les conjugués. Le système

$$(3)\quad P_1(z) + P_2(z) = P(z), \qquad \bar{a}_1 P_1(z) + \bar{a}_2 P_2(z) = Q(z)$$

fournit P_1, P_2; substituons les premiers membres à P, Q dans (1), il vient

$$(4)\quad \mu W_0 = \left[\tau P_1^*(t) - (t - \bar{a}_1)\frac{dP_1}{dz}\right] + \left[\tau P_2^*(t) - (t - \bar{a}_2)\frac{dP_2}{dz}\right].$$

Appelons *état d'équilibre à centre, tout état où le déplacement dérive d'une fonction analytique* $\varphi(z)$ *selon l'une des formules*

$$(5)\quad \mu W_0 = \tau\varphi^*(t) - (t - \bar{a})\frac{d\varphi}{dz} \qquad \text{ou} \qquad \mu W_0 = \frac{d\varphi}{dz}.$$

(*) Séance du 18 juin 1951.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 127.

Le centre est le point d'affixe a dans le premier cas, le point à l'infini dans le second.

D'après (4), *tout état* E *d'équilibre est la superposition de deux états à centre, centrés en deux points arbitraires* à distance finie, et d'après (1), E se décompose aussi en un état centré à l'origine et un état centré à l'infini.

Voici maintenant quelques propriétés des états à centre dans un domaine D_0 *à connexion simple*. On peut leur attribuer une $\varphi(z)$ *holomorphe*, puisque les fonctions P, Q associées à tout état d'équilibre le sont.

α. La superposition de deux états centrés en A (ou à l'infini) donne un état centré en A (ou à l'infini).

β. Les états d'équilibre où la contrainte est *isotrope* sont caractérisés par les propriétés : *a*. d'avoir un centre en tout point du plan à distance finie, ou *b*. d'être associés à une fonction φ linéaire de z. En effet chacune de ces propriétés équivaut à la condition $(N_1 - N_2)/2 - iT_3 = 0$.

γ. Si un état à contrainte anisotrope est centré en un point, il n'a pas d'autre centre. Pour qu'un tel état soit centré en A_1, il suffit que le système (3) fournisse $P_2(z)$ linéaire, quand on a choisi A_2 quelconque.

δ. Posons

$$R(x, y) = \left|\frac{1}{2}(N_1 - N_2) - iT_3\right|.$$

Dans tout état à centre, $\log R$ est *fonction harmonique de* x, y car si le centre est à l'infini, $\log R = \log|2\varphi''|$, (les accents indiquent des dérivées), dans l'autre cas

$$\log R = \log|2(\bar{a} - t)\varphi''| = \log|2(a - z)\varphi''|;$$

et les fonctions entre | | sont holomorphes. La propriété subsiste si l'on superpose à l'état à centre, un état à contrainte isotrope.

ε. Réciproquement, *si* $\log R$ *est harmonique, l'état* E *considéré est la superposition d'un état à centre et d'un état à contrainte isotrope*.

D'après (1) et (2) l'harmonicité s'exprime par

$$(6) \qquad \frac{\partial^2}{\partial z\,\partial t}\log R^2 = \frac{\partial^2}{\partial z\,\partial t}\log|2Q'' - 2tP''|^2 = 0.$$

Elle a lieu si $P''(z)$ est nulle, alors E est la superposition de l'état isotrope associé à P linéaire, et d'un état centré à l'infini, associé à Q. Supposons ensuite $P''(z) \neq 0$, et posons

$$(7) \qquad q(z) = Q''(P'')^{-1},$$

(6) donne l'équation $\partial^2 \log|q(z) - t|^2/\partial z\,\partial t = 0$. On en déduit

$$\text{Ré}.\, q'(z)[q(z) - t]^{-2} = 0,$$

et si $q'(z) \neq 0$,

$$\frac{\partial^2}{\partial z\, \partial t} 2 \arg[q(z) - t] = \frac{\partial^2}{\partial z\, \partial t}\left[\arg q' - \left(K + \frac{1}{2}\right)\pi\right] = 0 \qquad \text{(K entier)},$$

puis par combinaison $\partial^2 \log[q(z) - t]^2/\partial z\, \partial t = 0$, incompatible avec $q'(z) \neq 0$.

On a nécessairement $q'(z) = 0$, $q = a$, const. Les formules (1) et (7) montrent que E est un état centré au point d'affixe $\bar{a}$.

La dernière propriété permettra de reconnaître quand l'état d'un *modèle de photoélasticimétrie* possède un centre, car R est proportionnelle à la cote isochromatique, grandeur mesurée en chaque point du modèle.

ASTROPHYSIQUE. — *Le spectre continu de λ Bootis.* Note de M. **Jacques Berger** et Mlle **Anne-Marie Fringant**, présentée par M. André Danjon.

Le spectre de λ Bootis, qui semble se rattacher au type AO, est signalé comme anormal : aucune raie n'y est visible à part celles de la série de Balmer et une faible raie K du calcium ionisé. L'étoile ne semble pas appartenir à la série principale; sa parallaxe trigonométrique la situe en dessous ([1]).

Il nous a semblé intéressant de rechercher si le spectre continu de λ Bootis présentait lui aussi des caractères particuliers. Cette étude a été faite à l'Observatoire de Haute-Provence en utilisant le spectrographe (associé au télescope de 80 cm) et la méthode précédemment décrits ([2]).

λ Boo a été ainsi comparée à η U Ma : cette comparaison a fourni les valeurs des gradients relatifs G_1 et G_2 de λ Boo par rapport à η U Ma dans les domaines 6200-3700 Å et 3700-3400 Å, ainsi que la valeur ΔD de la différence de discontinuité de Balmer entre λ Boo et η U Ma.

Le tableau I contient les résultats. Il donne également, à titre de comparaison, les valeurs de ΔD, G_1 et G_2 pour un certain nombre d'étoiles de la série principale ([3]) étudiées par la même méthode.

La comparaison de ces résultats fait apparaître le caractère anormal du spectre continu de λ Bootis : alors que sa discontinuité de Balmer est absolument comparable à celle d'une étoile A 0 V, ses gradients G_1 et G_2 sont du même ordre que ceux d'une A 3 V.

([1]) Tous ces renseignements sont contenus dans W. W. Morgan, P. C. Keenan and E. Kellmann, an *Atlas of Stellar Spectra* (University of Chicago Press).

([2]) J. Berger et A.-M. Fringant, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2185.

([3]) L'étoile à laquelle ont été comparées les diverses étoiles est η U Ma pour λ Boo et α Lyr; pour les autres c'est η Aur. Mais les deux étoiles de comparaison (η U Ma et η Aur) sont de même type (B 3 V) et il y a tout lieu de penser que leurs températures de couleur et leur discontinuité de Balmer sont extrêmement voisines.

TABLEAU I.

★	Type.	ΔD.	G_1.	G_2.
λ Boo......	–	+0,305	+0,36	+0,80 ([1])
α Lyr......	A 0 V	+0,30	+0,24	+0,635
γ UMa.....	A 0 V	+0,29	+0,21	+0,68
ζ UMa br...	A 2 V	+0,26	+0,25	+0,69
38 Lyn.....	A 3 V	+0,25	+0,33	+0,85

CARTOGRAPHIE. — *Transformations des projections conformes de la sphère.* Note (*) de M. **André Gougenheim**, présentée par M. Donatien Cot.

Une même représentation plane de la sphère terrestre peut revêtir des aspects différents suivant qu'elle est définie par rapport au pôle géographique ou par rapport à un pivot distinct du pôle. La présente Note établit les formules de transformation correspondantes, pour les systèmes conformes, dans les cas usuels.

1. *Notations.* — Nous poserons, pour simplifier, dans le cas d'une variable u, réelle ou complexe, $[u] = \mathrm{Log\,tg}(\pi/4 + u/2)$.

Nous désignerons par L et M la latitude et la longitude d'un point de la sphère, par x et y les coordonnées rectangulaires de sa représentation plane et nous poserons

$$\mathfrak{Z} = [\mathrm{L}] + i\mathrm{M} = [\zeta], \qquad z = y + ix.$$

2. Nous nous appuierons sur la formule générale de la trigonométrie sphérique :

$$ia = \left[\pi - \mathrm{C} + i\left[\frac{\pi}{2} - b\right]\right] - \left[\mathrm{B} + i\left[\frac{\pi}{2} - c\right]\right]$$

que nous avons établie précédemment, à l'aide des propriétés des représentations conformes.

3. Soit une projection conforme, rapportée au pôle géographique P

$$z = f(\mathfrak{Z}) = \varphi(\zeta).$$

Si nous la rapportons à un pivot P′ distinct du pôle, elle s'écrira $z \doteq f(\mathfrak{Z}')$ en affectant du symbole ′ les coordonnées sphériques relatives au pivot. Pour exprimer cette représentation en fonction des coordonnées géographiques, il faut remplacer dans cette deuxième relation $\mathfrak{Z}'$ par son expression en fonction de $\mathfrak{Z}$. L'opération n'est simple que dans un certain nombre de cas particuliers, les plus fréquents dans la pratique.

([1]) Pour λ Boo, la valeur de G_2 a un faible poids car les spectres de cette étoile étaient un peu trop faibles dans l'ultraviolet.

(*) Séance du 9 juillet 1951.

4. Supposons d'abord le point P′ à la distance ω du pôle sur le méridien de longitude π (*fig.* 1). L'application de la formule générale au triangle PP′K donne la relation

$$i\omega = [\mathrm{M} + i[\mathrm{L}]] - [\mathrm{M}' + i[\mathrm{L}']].$$

D'où l'on tire

$$i\omega = [\mathrm{M}' - i[\mathrm{L}']] - [\mathrm{M} - i[\mathrm{L}]] = [i[\zeta']] - [i[\zeta]] = i(\zeta' - \zeta), \qquad \omega = \zeta' - \zeta.$$

La projection considérée est donc définie par rapport au pôle géographique par la formule $z = \varphi(\zeta - \omega)$ qu'il est facile d'exprimer ensuite en fonction de $\mathfrak{Z}$.

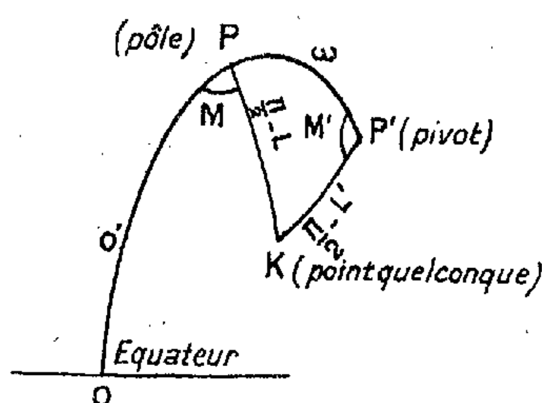


Fig. 1.

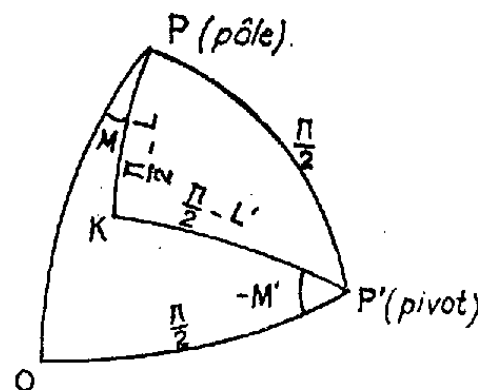


Fig. 2.

Si, en particulier, $z = \varphi(\zeta)$ est l'aspect méridien du système, $\varphi(\zeta - \omega)$ caractérise son aspect oblique sur l'horizon du point de latitude ω et $\varphi(\zeta - (\pi/2))$ correspond à l'aspect polaire.

5. Prenons maintenant comme pivot P′ le pôle du méridien origine (*fig.* 2), nous obtiendrons l'aspect transverse des systèmes précédents. On a, dans le triangle sphérique PKP′,

$$i\frac{\pi}{2} = \left[\frac{\pi}{2} + \mathrm{M} + i[\mathrm{L}]\right] - \left[\frac{\pi}{2} + \mathrm{M}' + i[\mathrm{L}']\right],$$

d'où l'on tire

$$i\frac{\pi}{2} = \left[\frac{\pi}{2} - i\mathfrak{Z}'\right] - \left[\frac{\pi}{2} - i\mathfrak{Z}\right].$$

En prenant les cosinus hyperboliques des deux membres on en déduit

$$\operatorname{ch}\mathfrak{Z}\operatorname{ch}\mathfrak{Z}' = 1, \qquad \operatorname{ch}\mathfrak{Z}' = \cos\zeta, \qquad i\mathfrak{Z}' = \zeta.$$

Il suffit donc de remplacer $\mathfrak{Z}'$ par ζ/i pour rapporter la projection au pôle P. Lorsque la fonction f est réelle, l'axe des y de la projection méridienne représente le méridien OP; dans la projection transverse, il correspond donc à OP′; pour qu'il représente encore un méridien géographique, il faut multiplier par i l'expression de z et l'on aura par suite pour la projection transverse $z = if(\zeta/i)$.

6. Exemples. — *a. Projection stéréographique :*

aspect méridien : $z = \text{th}\,\frac{\mathfrak{Z}}{2} = \text{tg}\,\frac{\zeta}{2}$; aspect oblique : $z = \text{tg}\,\frac{\zeta-\omega}{2} = \dfrac{\text{sh}\,\frac{\mathfrak{Z}-[\omega]}{2}}{\text{ch}\,\frac{\mathfrak{Z}+[\omega]}{2}}$;

aspect polaire : $z = \text{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\zeta}{4}\right) = -e^{-\mathfrak{Z}}$; aspect transverse : $z = i\,\text{th}\,\frac{\zeta}{2i} = \text{tg}\,\frac{\zeta}{2} = \text{th}\,\frac{\mathfrak{Z}}{2}$,

identique à l'aspect méridien.

b. Projection de Littrow :

aspect méridien : $z = \text{sh}\,\mathfrak{Z} = \text{tg}\,\zeta$; aspect oblique : $z = \text{tg}(\zeta - \omega) = \dfrac{\text{sh}\,\mathfrak{Z} - \text{tg}\,\omega}{1 + \text{sh}\,\mathfrak{Z}\,\text{tg}\,\omega}$;

aspect polaire : $z = \text{tg}\left(\zeta - \frac{\pi}{2}\right) = -\dfrac{1}{\text{sh}\,\mathfrak{Z}}$;

aspect transverse : $z = i\,\text{sh}\,\frac{\zeta}{i} = \sin\zeta = \text{th}\,\mathfrak{Z}$ (projection sphérique conforme d'exposant 2).

c. Projection de Guyou :

$$\text{aspect méridien : } \quad \text{sn}\left(z, \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \text{th}\,\mathfrak{Z} = \sin\zeta;$$

$$\text{aspect polaire : } \quad \text{sn}\left(z, \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \sin\left(\zeta - \frac{\pi}{2}\right) = -\frac{1}{\text{ch}\,\mathfrak{Z}}$$

qu'on peut écrire aussi $\text{cn}\left(z, (1/\sqrt{2})\right) = \text{th}\,\mathfrak{Z}$ (projection de Peirce);

$$\text{aspect transverse : } \quad \text{sn}\left(\frac{z}{i}, \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \text{th}\,\frac{\zeta}{i},$$

d'où

$$\text{sn}\left(iz, \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = i\,\text{sh}\,\mathfrak{Z} \quad \text{et} \quad \text{sn}\left(z, \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \text{th}\,\mathfrak{Z},$$

identique à l'aspect méridien.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Dilatation des corps par la chaleur.* Note (*) de M. **Jésus Marie Tharrats Vidal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente [1] nous avons considéré seulement les transformations affines entre deux états distincts d'un même corps, en général anisotrope. En réalité l'action de la chaleur sur un corps est équivalente à un faisceau de ces transformations, et nous appellerons *température naturelle* d'un corps, une variable quelconque λ génératrice de ce faisceau. Ainsi donc, dans

(*) Séance du 2 juillet 1951.

[1] *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 24.

ce faisceau de transformations donné par

(1) $$\rho x'_i = \Sigma a_{ik} x_k \qquad (i, k = 1, \ldots, 4;\ a_{4i} = \delta_i^k a_{44}),$$

les a_{ik} sont fonctions réelles et continues de la variable λ.

Pour trouver la forme de ces fonctions, nous allons introduire un nouveau postulat :

Postulat V. — *Le faisceau d'affinités* (1) *existe sans qu'intervienne aucune force.* (*La chaleur reste sous forme d'énergie potentielle interne.*)

Pour justifier ce postulat qui semble contradictoire avec la Mécanique classique, il suffit d'observer qu'il donne l'évolution d'un corps au moyen de la Mécanique projective ([2]), comme nous allons voir, donc ce phénomène n'est pas régi par la Mécanique classique. D'ailleurs une étude systématique nous a montré que toutes les tensions mises en jeu dans la dilatation par la chaleur sont dues à des tensions élastiques étrangères à cette évolution, donc au point de vue épistémologique, il vaut mieux accepter ce postulat qu'accepter l'existence de tensions non observables.

Comme il n'y a pas de forces qui agissent sur le milieu, ceci rend le phénomène analogue au mouvement uniforme de la Mécanique classique, donc on peut remplacer le cinquième postulat par :

Postulat V'. — *Les trajectoires des points d'un corps qui se dilate par la chaleur sont des trajectoires rectilignes. Néanmoins maintenant nous prendrons, au lieu du temps, la température naturelle comme variable génératrice du faisceau.*

La condition analytique régissant les trajectoires rectilignes est donnée par

(2) $$\rho x'_i = (\delta_k^i + a_{ik}\lambda)\, x^k \qquad (i, k = 1, \ldots, 4;\ a_{4i} = \delta_k^i a_{44};\ a_{ik} = \text{const.}).$$

Donc, *l'évolution des corps par la chaleur est régie par une mécanique projective* ([2]) et la mesure n'est pas nécessaire. *La température naturelle est une variable sur un réseau de Möbius abstrait.*

Si nous éliminons λ entre deux équations de la transformation

$$x'_i = \frac{1 + a_i\lambda}{1 + a_4\lambda} x_i \qquad (i = 1, 2, 3).$$

Nous aurons

$$\frac{x'_2}{x_2} = \frac{a_2 - a_4}{a_1 - a_4}\frac{x'_1}{x_1} + \frac{a_1 - a_2}{a_1 - a_4}.$$

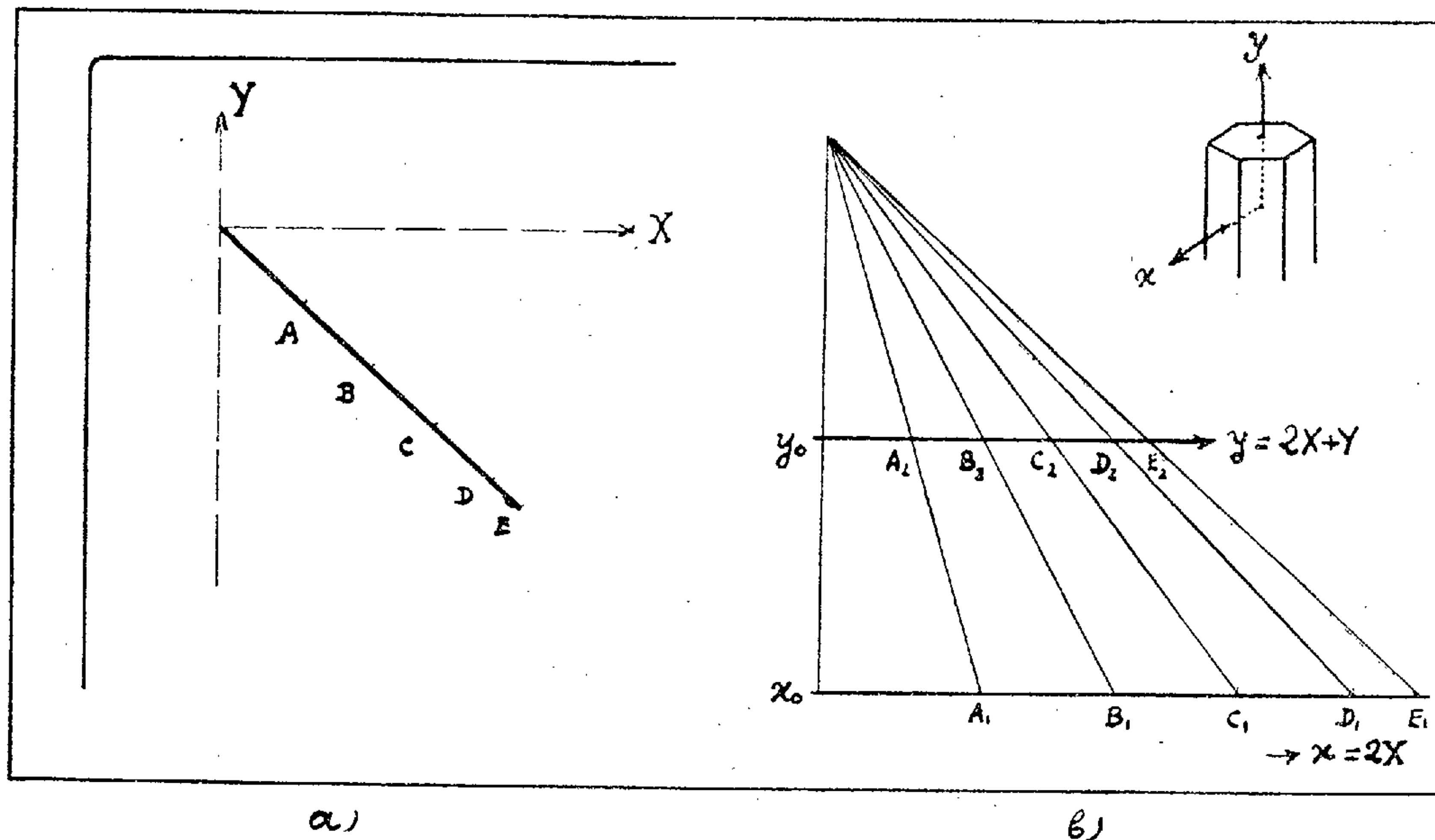
Ce qui montre que la correspondance entre les points des droites unies est une similitude.

Nous avons vérifié cette loi pour le quartz au moyen du dilatomètre de Chevenard ([3]). Nous avons mis dans ce dilatomètre deux cristaux de quartz de 5 cm (parallèle et perpendiculaire à l'axe), et nous en avons pu déduire des

([2]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2393.

([3]) *J. Phys.*, 7, 1926, p. 240.

dilatations virtuelles de cristaux de 30 m. L'échauffement a été poussé jusqu'à près de 450° C. Nous avons obtenu le graphique de la figure 1 *a* avec un enregistrement photographique. Dans ce dilatomètre la dilatation du corps supérieur est donnée par $2x$ et la dilatation du corps inférieur par $2x+y$. La loi est donc linéaire puisque le graphique nous a donné une droite.



a) b)

Comme l'évolution (2) ne forme pas un ensemble continu de transformations métriques, d'une métrique générale, cette évolution ne forme pas un groupe [4] et le mouvement n'est pas stationnaire; les lignes de courant sont des cubiques gauches ou des coniques dans les trois plans unis. Il existe donc un ellipsoïde de dilatation pour chaque groupe de deux valeurs de la température, c'est-à-dire un réseau (∞^2) d'ellipsoïdes et non, comme il semblait, un ellipsoïde pour chaque différence $t=t_i-t_k$ de températures. De plus les axes étant toujours variables, chaque axe donne un faisceau de courbes sur le plan de l'infini [4].

MÉTROLOGIE. — *La méthode idéale de détermination d'une caractéristique physique est le dépouillement d'une courbe expérimentale. Exemples.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Albert Pérard.

La mesure d'une caractéristique physique est loin d'être toujours directe : il en faut souvent déterminer plusieurs simultanément. D'où la nécessité

(4) J. M. Tharrats, *Annales de la R. S. E de Fisica y Q*, (A) (sous presse).

(*) Séance du 9 juillet 1951.

de plusieurs expériences, pour l'élimination des paramètres accessoires. On a eu quelquefois la surprise d'obtenir ainsi une relation supplémentaire jugée bien embarrassante.

En réalité, hors le cas de la mesure directe, cette caractéristique intervient comme paramètre dans une équation de forme connue qui en comporte plusieurs, et le recours à diverses expériences pour déterminer toutes les caractéristiques inconnues n'est autre qu'une méthode de calcul, souvent peu heureuse, des coefficients de l'équation d'une courbe d'après les valeurs trouvées à l'ordonnée pour diverses valeurs données à l'abscisse. Dans ces conditions, la procédure la plus scientifique consiste à étudier systématiquement l'ordonnée y en fonction de l'abscisse x, et non à se contenter de quelques couples (x, y), et à appliquer à la détermination des coefficients des méthodes normalisées en vue du dépouillement le plus précis.

Nous avons dégagé de telles méthodes. Il importe d'abord que la loi représentative suive le mieux possible l'expérience, ce qu'on obtient en identifiant en moyenne la loi théorique, comportant le plus petit nombre possible N de paramètres (les moyennes étant souvent calculées par des intégrales définies) le long de N intervalles dont il s'agit ensuite de déterminer l'étendue, et c'est là qu'il faut distinguer les différents cas. Le principe général est de déterminer les intervalles partiels de telle façon que l'incertitude sur les données expérimentales ait le moins d'influence possible sur la précision du résultat cherché.

C'est donc d'ordinaire une erreur d'avoir recours à la méthode des moindres carrés qui, lorsque le nombre des points expérimentaux est assez considérable pour que son emploi ne soit pas *a priori* non plausible, conduirait plutôt à une loi à peu près satisfaisante dans son ensemble, alors qu'on cherche le maximum de précision sur un coefficient ou une certaine fonction des coefficients : cela entraîne une tout autre partition de l'intervalle expérimental, et la précision obtenue est aussi toute différente.

La méthode de mesure de la conductivité d'un métal mis sous forme de barreau, que nous avons dénommée *méthode du point de température stationnaire*, revenait à déterminer la courbure au sommet de la loi, symétrique, de distribution de la température le long du barreau.

La *mesure de la distance focale* d'un système optique repose de même sur le relevé de la relation homographique $xy - Ax + By - C = 0$. Le carré de la distance focale est le groupement $C - AB$, sur la précision duquel doit agir le moins possible l'imprécision des données. L'intervalle de variation de x étant noté $(0, 1)$, soient $x = \alpha$ et $x = \beta$, les autres bornes des trois intervalles partiels nécessaires. Un calcul élémentaire, mais assez pénible, montre que le choix de α et β dépend du paramètre B, mais que B variant entre 0,1 et 0,3, ce qui est suffisant, on peut adopter $\alpha = 0,29$ et $\beta = 0,67$ pour avoir toujours le maximum de précision sur la distance

focale. Une table calculée sous ces hypothèses permet alors de rattacher aux données cette distance focale.

On a un autre exemple fort intéressant dans les études de M. Volet, au Bureau International des Poids et Mesures, tendant à déduire l'*accélération* g de l'observation de la chute d'un corps dans le vide. Si l'on a entièrement corrigé l'influence de la résistance de l'air, $2g$ est le coefficient du terme en x^2 dans la loi du déplacement y (du second degré) du corps en fonction du temps x. Ce coefficient sera connu au mieux par la partition 0-0,25-0,75-1 de l'intervalle expérimental. Si l'effet de la viscosité n'est pas éliminé, il faut un terme inconnu en x^3. La partition est alors 0-0,166-0,540-0,874-1, g gardant la même signification.

Pour être tout à fait correct il faut compter que, dans chaque intervalle, l'imprécision sur la somme de n ordonnées est, toutes choses égales, inversement proportionnelle à $\sqrt{n}$, donc si les moyennes, théorique et expérimentale, sont calculées par intégrale définie comme si les données étaient continues, l'imprécision de chaque intégrale expérimentale (supposée calculée à partir d'ordonnées équidistantes) est, en raison inverse de la racine carrée de la longueur de l'intervalle correspondant. La meilleure partition pour la loi du second degré est alors 0-0,28-0,72-1, et, pour la loi du 3e degré : 0-0,195-0,53-0,845-1.

Les moyennes manqueraient de signification physique si, même dans le plus petit intervalle, les points expérimentaux n'étaient pas nombreux. On retrouve la nécessité bien connue d'un grand nombre de mesures.

CHALEUR. — *Influence de la transmission de la chaleur sur la stabilité des réglages de température*. Note (*) de M. **Pierre-Louis Dubois-Violette**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous montrons sur des exemples concrets, comment s'applique la méthode de fusion des racines [1], dans le cas où les phénomènes de propagation de la chaleur limitent les possibilités du réglage automatique. Nous avons surtout précisé les résultats qui concernent le type de four dit à creuset. Dans une large mesure, ils s'étendent sans grand changement à d'autres types d'installations.

A. Four a creuset. — Nous supposons que la température à régler est prise dans l'axe du bain métallique M en fusion, contenu dans une enveloppe réfractaire cylindrique E de rayons extérieur R_1 et intérieur R_2. k, γ, μ désignent respectivement la conductibilité calorifique, la chaleur spécifique et la masse spécifique de M. k_1, γ_1 μ_1 désignent les grandeurs

(*) Séance du 9 juillet 1951.

(1) P.-L. Dubois Violette, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1380.

correspondantes de E. Nous posons

$$\tau = \frac{\mu\gamma}{k}\left(\frac{R}{2}\right)^2, \qquad \lambda\tau = \frac{\mu_1\gamma_1}{k_1}\left(\frac{R}{2}\right)^2, \qquad x = p\tau$$

et reprenons par ailleurs les notations d'une Note précédente [2]. Nous faisons d'autre part les hypothèses suivantes :

1° La grandeur de réglage est le débit de combustible. Ses variations entraînent des variations proportionnelles $\theta'(p)$ de la température de la flamme.

2° Le flux de chaleur pénètre par la face latérale externe de E. Les variations $2\pi R_1 \varphi(R_1, p)$ suivent une loi de la forme

$$\varphi(R_1, p) = K[\theta'(p) - \theta(R_1, p)]. \tag{1}$$

Elles se propagent par ondes cylindriques à travers E et M.

Les conditions aux limites sont alors les suivantes :

a. $\varphi(0, p) = 0$, d'où il résulte que

$$B(p) = 0. \tag{2}$$

b. Continuité du flux et de la température sur la surface de séparation de E et de M, soit

$$\varphi_E(R_2, p) = \varphi_M(R_2, p) \tag{3}$$

et

$$\theta_E(R_2, p) = \theta_M(R_2, p). \tag{4}$$

Les équations (1), (2), (3) et (4) permettent de calculer le rapport de transmission entre les variations relatives de la grandeur de réglage et de la température réglée. On trouve l'inverse d'une fonction *entière* $f(p)$, qu'il est légitime de simplifier en tenant compte de la faible épaisseur de E devant le diamètre du four. Au deuxième ordre près en $\alpha = (x_1 - x_2)/x_2$, $f(p)$ s'écrit

$$f(p) = f_0(x_2)\left[1 + \alpha\frac{2k_1}{KR_1}\lambda x_2\right] + \frac{2k}{KR_1}f_1(x_2)\left[1 + \alpha\frac{KR_1}{2k_1}\right]. \tag{5}$$

La méthode de fusion des racines [1] permet de fixer ainsi les limites de stabilité du réglage de la température.

1. *Réglage proportionnel seul.* — On trouve que ce réglage cesse d'être stable, si le taux de régulation r atteint la valeur critique r_0, approximativement égale à

$$r_0 \simeq 9\frac{(1+\rho)(1+2\rho)}{1+3\rho} - 1, \qquad \text{où} \quad \rho = \frac{2k}{KR_1}$$

si $r < r_0$, l'action régulatrice proportionnelle réduit finalement les écarts de température dans le rapport $1/(r+1)$. Si $r \geqq r_0$, les oscillations qui s'amorcent ont une période de l'ordre de $T_0 = \tau_2(1+\rho)/(1+3\rho)$.

On remarque d'autre part que :

---

[2] P. L. Dubois Violette, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 26.

1° Dans les cas où $R_1 \gg 2k/K$, r_0 *est indépendant des dimensions du four et de la nature des matériaux qu'il contient, et vaut sensiblement* 8. De plus $T_0 \simeq \tau_2$ est proportionnel au carré du diamètre du four.

2° Dans le cas où $R_1 \ll 2k/K$, r_0 vaut environ 6ρ, soit $12\ k/KR_1$ et tend vers l'infini quand le phénomène de propagation est négligeable ($R_1 \to 0$). On sait qu'un calcul direct, qui ne tiendrait pas compte de la propagation de la chaleur, fournirait aussi une valeur infinie de r_0. Les limites de validité d'un tel calcul se trouvent donc ici précisées.

On remarquera que dans les deux cas extrêmes $R_1 \ll 2k/K$ ou $R_1 \gg 2k/K$ le coefficient de α dans la partie prépondérante de $f(p)$ est très faible.

2. *Réglage dérivé* ([1]). — On démontre que l'adjonction au réglage précédent d'une réaction régulatrice dérivée négative ($h > 0$), permet d'augmenter le taux r du réglage proportionnel. La valeur optima h_0 du taux d'action dérivée est de l'ordre de $\tau_2 = (\mu\gamma/k)(R_2/2)^2$ secondes, dans le cas le plus important au point de vue de la propagation, où $R_1 \gg 2k/K$. Le taux du réglage critique proportionnel est alors élevé de 35 % environ, et la période des oscillations abaissée de 50 %, par rapport au cas précédent (§ 1).

3. *Réglage intégral* ([3]). — Nous avons calculé la limite, en deçà de laquelle on ne peut réduire la constante de temps de l'action intégrale, sans amorcer des oscillations de période lente $[T \simeq 4\tau_2/(1+2\rho)]$ quand ρ est faible. Cette limite vaut sensiblement $\tau_2[(1+2\rho)/4(1+\rho)]$, lorsque l'action intégrale agit seule. Elle peut être améliorée par l'adjonction d'une légère action proportionnelle, dont l'intervention offre en outre l'avantage de réduire la période des oscillations.

Remarque. — Dans l'exemple qui vient d'être développé, l'onde calorifique se propage à travers deux milieux distincts E et M. D'une façon générale, la méthode de fusion des racines reste applicable, lorsque l'onde cylindrique doit se propager à travers un nombre quelconque de milieux homogènes distincts coaxiaux. On le démontre par récurrence.

B. Enveloppes protectrices des thermomètres et fours dormants a parois réfractaires. — Dans cette catégorie de problèmes, la propagation n'intéresse pratiquement qu'une fraction $\Delta R/R$ du rayon du four ou de l'enveloppe. Nous avons conduit les calculs en développant la fonction entière $f(p)$, égale à l'inverse du rapport de transmission, par rapport aux puissances croissantes de $\alpha = \Delta x/x$. Le temps caractéristique de propagation qui s'introduit ici est $\tau = (\mu\gamma/k)(\Delta R/2)^2$.

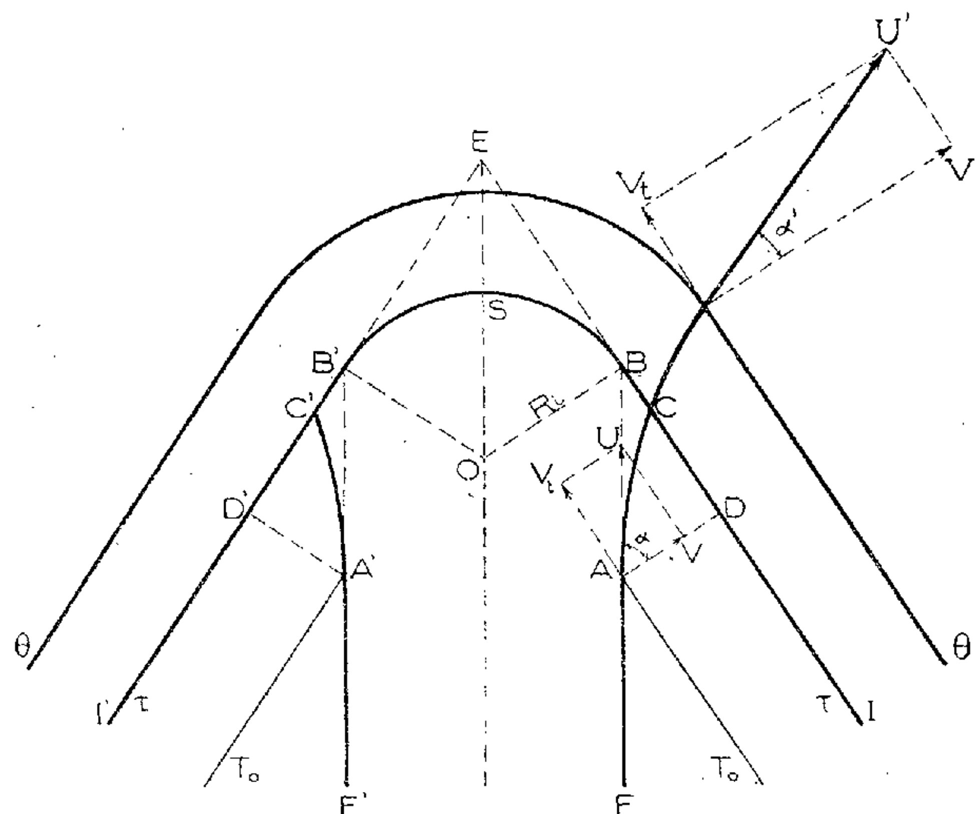
Il apparaît que l'influence de α sur la limite r_0 du taux de réglage proportionnel est très faible, et, dans l'ensemble, les résultats de la discussion sont, compte tenu du fait que τ est substitué à τ_2, très voisins de ceux qui ont été établis dans la partie A lorsque R_1 est grand devant $2k/K$.

([3]) P.-L. Dubois Violette, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1448.

CHALEUR. — *Déviation des gaz dans une flamme. Rayon de courbure du cône bleu à son sommet.* Note (*) de M. **Paul Renouard**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans une flamme, si U est la vitesse du mélange gazeux avant combustion, α l'angle de cette vitesse avec la normale au front de flamme, V la vitesse de propagation de la flamme, on a $V = U \cos\alpha$. Si la flamme se produit à l'extrémité d'un orifice circulaire, la zone de combustion stationnaire, de couleur bleu violacé, affecte la forme d'un cône dont la théorie a été donnée par Gouy ([1]). En réalité le sommet du cône présente toujours une forme arrondie, avec un certain rayon de courbure. En ce point, on a $\alpha = 0$, et la relation ci-dessus conduirait à $V = U$, valeur supérieure à celle obtenue dans les autres régions de la flamme.

Ce phénomène peut s'expliquer si l'on admet que la vitesse de la flamme est uniforme sur toute la surface de celle-ci et si l'on tient compte de la déviation des filets gazeux dans la zone d'échauffement située en amont de la flamme.



Réfraction des filets gazeux.
Forme du sommet de la flamme.

On sait ([1]) que les gaz traversant une flamme subissent une déviation qui les écarte de l'axe, de façon que leur vitesse V_t dans la direction parallèle à la flamme reste constante (*fig.*), et que leur vitesse V dans la direction normale à la flamme augmente proportionnellement à la dilatation des gaz. Cette déviation s'effectue progressivement dans la zone d'inflammation entre la

(*) Séance du 9 juillet 1951.

([1]) *Ann. Phys. Chim.*, 18, 1879, p. 27.

température initiale T_0 et la température d'inflammation τ, de façon que la vitesse normale V_T des gaz soit proportionnelle à leur température T

$$(1) \qquad V_T = V\frac{T}{T_0}.$$

D'après la théorie thermique de propagation des flammes ([2]), la température absolue en un point situé à une distance x du plan d'inflammation est donnée par la formule

$$(2) \qquad T = T_0 + (\tau - T_0)\,e^{\frac{x}{b}}, \quad \text{avec} \quad b = \frac{\lambda}{V\rho_0 C}.$$

Des équations (1) et (2), on tire

$$V_T = \frac{dx}{dt} = V\left[1 + \left(\frac{\tau}{T_0} - 1\right)e^{\frac{x}{b}}\right].$$

En intégrant, on trouve que, par suite de l'accroissement de vitesse dans la zone d'inflammation, le moment où les gaz atteignent le plan d'inflammation est avancé de

$$\Delta t = \frac{b}{V}\log\frac{\tau}{T_0}.$$

Par suite, la déviation BC, comptée dans le plan d'inflammation, a pour grandeur :

$$BC = V_t\,\Delta t = b\,\mathrm{tg}\,\alpha\,\log\frac{\tau}{T_0}.$$

La déviation écarte les filets gazeux de l'axe. Au sommet du cône bleu, elle provoque une dilatation de ces filets, et par conséquent une réduction de leur vitesse. Prenons comme plan de figure un plan passant par l'axe de la flamme, et supposons que la section de la surface d'inflammation, au voisinage du sommet S, soit constituée par deux droites BI et B'I' se raccordant en B et B' à un cercle de centre O et de rayon R_i. A l'aplomb des points B et B' sont deux filets gazeux F et F' déviés en C et C', tels que

$$BC = B'C' = b\,\mathrm{tg}\,\alpha\,\log\frac{\tau}{T_0}.$$

Supposons que la vitesse de la flamme soit constante sur toute sa surface. D'après la deuxième loi de Gouy, le débit des gaz à l'intérieur du volume délimité par les filets F et F' est égal au produit de la vitesse de la flamme par l'aire ε ayant pour trace CBSB'C' : $Q = V\varepsilon$. Si l'on admet que la vitesse U des gaz froids est constante dans la région du sommet de la flamme, cette relation permet de calculer R_i.

$$R_i = b\log\frac{\tau}{T_0}\,\frac{\sin\alpha}{(1-\cos\alpha)^2}\left[\sin\alpha + \sqrt{2 - 2\cos\alpha}\right].$$

([2]) MALLARD et LE CHATELIER, *Annales des Mines*, (4), 8, 1883, p. 274.

D'autre part, d'après la théorie thermique, l'épaisseur de la zone de combustion, en supposant que le gradient de température y est constant, est $e = b[(\theta - \tau)/(\tau - T_0)]$ (θ = température maximum). Le rayon de courbure de la face externe du cône bleu est donc $R = R_i + e$.

La théorie ci-dessus est en accord satisfaisant avec des mesures effectuées par Culshaw et Garside ([3]) sur la vitesse de propagation et le rayon de courbure interne au sommet pour des flammes de propane de diverses compositions et sous diverses pressions, ainsi qu'avec des mesures que nous avons effectuées sur des flammes de gaz de houille et de propane avec des orifices en tuyères de divers diamètres, au moyen d'un appareil dû à Gaudry.

CHALEUR. — *Étude expérimentale du rayonnement des flammes de diffusion.* Note de M. **Francis Guyomard**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans le cadre d'une étude systématique du rayonnement total des flammes de diffusion et des possibilités d'améliorer leur rendement en énergie rayonnée, nous avons étudié séparément les flammes laminaires et les flammes turbulentes.

Nous avons utilisé à cet effet un pyromètre à radiation totale constitué d'une pile thermoélectrique montée dans un boîtier refroidi par l'eau. On place le pyromètre à une distance suffisante de la flamme pour ne pas avoir à tenir compte de l'inclinaison des faisceaux extrêmes d'une part, et pour que toute la flamme soit contenue dans l'angle solide du pyromètre. On mesure la f. é. m. de la pile par un montage potentiométrique; celle-ci est sensiblement proportionnelle à l'énergie reçue. On évite les flux parasites en utilisant des écrans refroidis convenablement placés.

L'étude a porté successivement sur les points suivants :

a. Variation de W_R (énergie totale rayonnée) en fonction du débit (gaz et air froids);

b. Pour un débit donné, variation de W_R en fonction de la température de préchauffage du gaz (air froid);

c. Pour un débit donné, variation de W_R en fonction de la température de préchauffage du gaz et de l'air;

d. Pour un débit donné, nous avons étudié la variation de W_R en fonction du pourcentage de benzène introduit;

e. Pour un débit donné et une teneur en benzène donnée, étude de la variation de W_R en fonction de la température de préchauffage.

Résultats. — 1. *Flammes laminaires.* — *a*. L'énergie rayonnée est une fonction linéaire du débit quel que soit le brûleur utilisé (essai sur le gaz de ville, puis sur l'hydrogène pour éliminer l'influence du cracking); seule la

---

([3]) Communication n° 306 à l'*Institution of Gas Engineers*, 1946.

pente est différente d'un gaz à l'autre. Dans tous les essais qui suivent le combustible utilisé est le gaz de ville.

b. Le préchauffage du gaz seul n'entraîne pas d'augmentation sensible de W_R jusqu'à 900° C. A partir de 900° C la croissance est plus rapide mais reste faible : à 1150° C W_R est égale à 1,25 fois W_R initiale (20° C).

c. Le préchauffage simultané de l'air et du gaz entraîne un minimum vers 500° C, puis croissance lente.

d. Quand on ajoute du benzène on obtient un maximum pour 7 % (W_R 7 % = 2,5 W_R 0 %), puis la flamme devient fuligineuse et W_R diminue.

e. Pour des mélanges à 2, 4, 6 % de C_6H_6, W_R est sensiblement linéaire en fonction de la température de préchauffage, les droites sont parallèles; pour 7 et 9 % la croissance reste linéaire mais plus faible que précédemment.

2. *Flammes turbulentes*. — *a*. Pour un brûleur donné, W_R est fonction linéaire du débit (de la forme $W_R = \alpha Q + \beta$). Pour des brûleurs différents on peut exprimer W_R par la relation

$$W_R = A\,Q + B d,$$

Q (débit cm³/sec), *d* (diamètre du brûleur). ce qui se traduit en fonction de Q par des droites parallèles correspondant aux différents brûleurs (W_R augmente avec *d*).

b. Le préchauffage du gaz entraîne une diminution sensible de W_R jusqu'à 400° C, puis augmentation lente et pour 700° C retour à la valeur initiale (20° C).

c. Le préchauffage simultané du gaz et de l'air entraîne un minimum pour 400° C, puis une croissance plus rapide que pour (*b*) W_R (700° C) = 1,5 W_R (20° C).

d. En faisant varier la teneur en C_6H_6, W_R augmente avec un maximum, atteint sensiblement pour 9 %, égal à 3,5 fois W_R sans addition de C_6H_6.

Nous voyons donc que parmi les solutions envisagées, celle qui permet d'augmenter l'énergie rayonnée dans des proportions sensibles consiste à faire varier le facteur total d'émission par addition d'hydrocarbures. Les autres solutions demandent une dépense d'énergie supplémentaire toujours sans rapport avec le gain obtenu.

Nous avons aussi étudié la répartition de l'énergie totale rayonnée aux divers points de la flamme. A cet effet nous avons utilisé un pyromètre à radiation totale à très faible angle solide maintenu à température constante par une enveloppe de glace fondante.

En régime laminaire la brillance énergétique est maxima au milieu du cône lumineux, la température mesurée en ce point par la méthode de Kurlbaum est la même pour toutes les flammes obtenues avec le même brûleur. Pour des brûleurs différents elle varie faiblement en sens inverse du diamètre (brûleur de 1,8 mm, 1380° C, brûleur de 3 mm, 1260° C).

En régime turbulent la brillance énergétique est maxima au voisinage du sommet où l'épaisseur est la plus grande et la température la plus élevée. Celle-ci mesurée par la méthode de Féry varie en sens inverse du diamètre pour des débits donnant le même nombre de Reynolds (brûleur 1,8 mm, 1735° C, brûleur de 3 mm, 1595° C).

Dans les deux cas la brillance énergétique des produits de combustion à l'extérieur de la partie éclairante de la flamme n'est pas négligeable ; elle est de l'ordre de la moitié de la brillance énergétique précédente.

MAGNÉTISME. — *Magnétostriction dans un champ tournant.* Note (*) de Mlle **Thérèse Delourmel** et M. **André Herpin**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Il est bien connu que les processus d'aimantation sont fort différents suivant qu'une substance est soumise à un champ magnétique longitudinal, ou à un champ transversal tournant dont les composantes dans deux directions perpendiculaires sont :

$$H_x = H_0 \cos\theta \qquad \text{et} \qquad H_y = H_0 \sin\theta,$$

θ variant lentement avec le temps.

Dans le premier cas, l'aimantation des domaines de Weiss est répartie de manière que l'aimantation moyenne soit dirigée dans le sens du champ, quelles que soient les variations de celui-ci. En revanche, dans un champ magnétique tournant, le champ reste toujours différent de zéro, et il est facile de voir que l'aimantation moyenne n'est plus dirigée dans le sens du champ, mais fait avec celui-ci un certain angle. De plus, la répartition de l'aimantation des différents domaines, qui, dans le premier cas était symétrique autour de sa valeur moyenne, devient alors dissymétrique, comme le montre le schéma de la figure 1.

2. On admet généralement (1) que si une plaque circulaire est aimantée *à saturation* suivant une direction que l'on prend comme axe de référence, la variation relative de rayon dans une direction faisant un angle θ avec l'aimantation a pour expression

$$(1) \qquad \frac{\delta l}{l} = \lambda \cos^2\theta - \lambda' \sin^2\theta,$$

λ et λ' étant respectivement les coefficients de magnétostriction moyens longitudinal et transversal. (On a $\lambda' = -1/2\,\lambda$ car la magnétostriction de volume est très petite.)

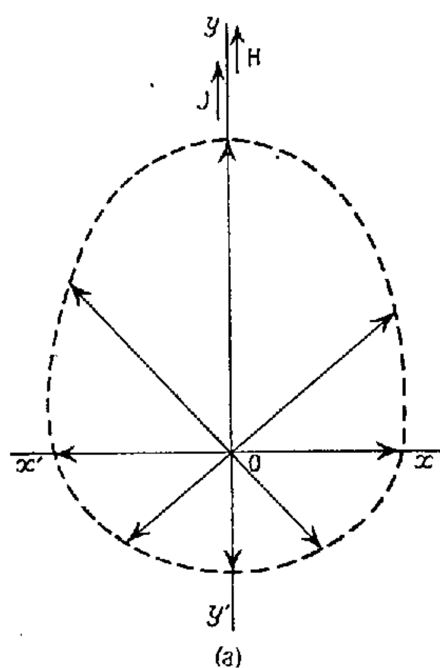
(*) Séance du 2 juillet 1951.

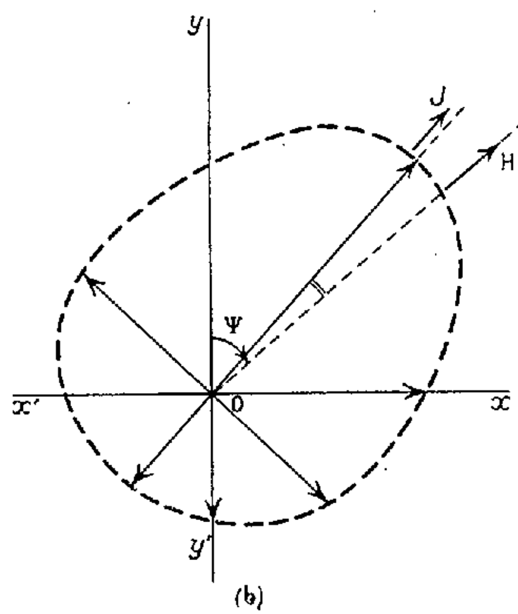
(1) R. Becker et Döring, *Ferromagnetismus*, Berlin, 1939.

Si, partant de la substance non aimantée, on l'aimante dans une certaine direction, la répartition de l'aimantation des domaines de Weiss restant symétrique, la variation relative de rayon dans une direction θ a encore une expression semblable à (1) :

$$\frac{\delta l}{l} = A\cos^2\theta - B\sin^2\theta. \qquad (2)$$

Les coefficients A et B peuvent se calculer d'une façon relativement simple, moyennant des hypothèses raisonnables sur la répartition des directions privilégiées des domaines et en admettant que la déformation totale dans une direction est la somme des déformations des domaines dans cette direction. Le maximum de déformation est dans la direction d'aimantation (ou dans une direction perpendiculaire, si λ est négatif), c'est-à-dire dans la direction du champ, comme le montre la courbe ponctuée de la figure 2.





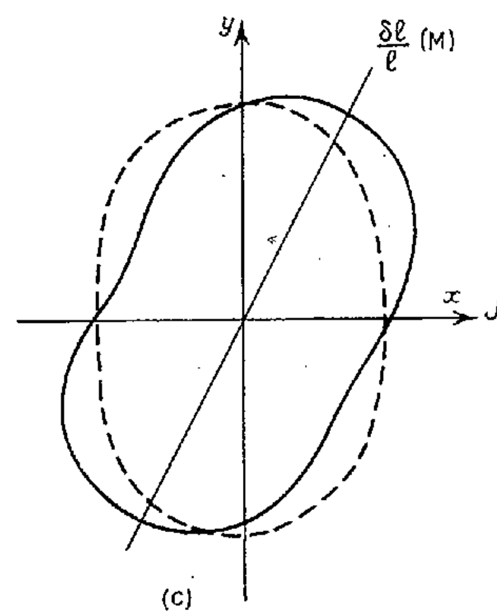


Fig. 1. Fig. 2.

Répartition moyenne des domaines de Weiss.
a, première aimantation suivant H;
b, première aimantation suivant oy et rotation du champ d'un angle ψ.

En utilisant les mêmes hypothèses, on peut encore calculer la variation relative de rayon lorsque, partant de la substance désaimantée, on aboutit à un état d'aimantation dissymétrique. On trouve alors que *le maximum de déformation n'a plus lieu dans la direction d'aimantation,* mais dans une direction faisant un angle ψ avec l'aimantation moyenne (courbe en trait plein de la figure 2).

3. Ces dissymétries se retrouvent d'une façon aussi nette dans l'effet Wiedemann. Nous rappelons que celui-ci consiste dans la torsion que subit un barreau ferromagnétique soumis à un champ longitudinal (créé par un solénoïde) et à un champ transversal circulaire (créé par un courant circulant dans le barreau). Il est facile de voir que, lorsqu'on fait varier un des deux

champs, chaque point du barreau est soumis à un champ tournant, d'intensité variable, ce qui a pour effet de renforcer encore la dissymétrie.

Les résultats exposés permettent alors d'interpréter, au moins qualitativement, les expériences faites sur l'effet Wiedemann, et en particulier la forme des courbes d'hystérésis obtenues (2). De plus, cette théorie fournit l'explication de la très grande sensibilité de l'effet Wiedemann aux influences mécaniques.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'effet de scintillation de dépôts de carbone très minces.* Note (*) de MM. **André Blanc-Lapierre**, **Marcel Perrot** et **Nicolas Nifontoff**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente dont nous conservons les notations (1) nous avons indiqué des résultats relatifs à la conductibilité électrique de dépôts de carbone de faible épaisseur. Nous donnons ici des résultats relatifs à l'effet de scintillation de ces mêmes couches, c'est-à-dire relatifs à la f. é. m. de fluctuations (s'ajoutant à l'effet thermique) qui prend naissance dans ces résistances, lorsqu'elles sont parcourues par un courant continu I. Cet effet a déjà été étudié par certains auteurs (2), (3), (4) pour des résistances commerciales au carbone. En plus des lames minces visées en (1) (résistances L), nous avons étudié l'effet de scintillation de quelques résistances commerciales de carbone aggloméré (résistances C). Soit $\overline{e_\nu^2}$ la densité spectrale (5) de la f. é. m. de fluctuations dans l'effet de scintillation. Pour une résistance déterminée, $\overline{e_\nu^2}$ est une fonction $\varphi(I, \nu)$ de I et de la fréquence ν. Nous avons étudié φ pour $I \leqq 1$ mA et ν compris entre 600 et 8000 c : s. Dans ce domaine, $\varphi(I, \nu)$ se présente, comme un produit du type $F(I)\,G(\nu)$.

1. *Influence de la fréquence.* — Dans le domaine que nous avons étudié, on peut poser avec une très bonne approximation $G(\nu) = K_1/\nu^\beta$, où K_1 est constant et où β diffère très peu de 1. Ce résultat est sensiblement conforme pour les résistances (C) à ceux des auteurs déjà cités.

2. *Influence de* I. — Pour les résistances (C) on a avec une bonne approximation $F(I) = K_2 I^\alpha$, où K_2 est une constante et où α diffère peu de 2.

(2) Th. Delourmel, *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, juin 1951; Th. Delourmel et A. Herpin, *Étude de l'effet Wiedemann* (à paraître au *Journal de Physique*).

(*) Séance du 9 juillet 1951.

(1) A. Blanc-Lapierre, M. Perrot et N. Nifontoff, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 141.

(2) C. J. Chistensen et G. L. Pearson, *Bell System technical Journal*, 1936, p. 127.

(3) E. Meyer et H. Thiede, *Elektrische Nachrichten Technik*, 12, 1935, p. 237.

(4) R. H. Cambell et R. A. Chipman, *Proceedings of the I. R. E.*, 37, 1949, p. 938.

(5) A. Blanc-Lapierre, Chapitre consacré aux fonctions aléatoires dans Angot, *Complément de mathématiques*, édit. *Revue d'Optique*, Paris, 1949.

Pour les résistances (L) α vaut très approximativement 2 pour I petit et décroît lorsque I croît. La figure 1 représente, en échelles logarithmiques, le réseau des courbes correspondant aux résistances (L) (en pointillé la droite $\alpha = 2$).

Afin de comparer les résistances (C) et (L) on peut, pour les dernières, poser $\overline{e_v^2} = K_2 f(I) I^2$. La figure 2 représente, en trait plein, pour un certain nombre de lames la fonction $\log f(I)$. Il est intéressant de comparer la fonction $\log f(I)$ (écart à la loi en I^2) à la fonction $\log R$ (écart à la loi d'ohm).

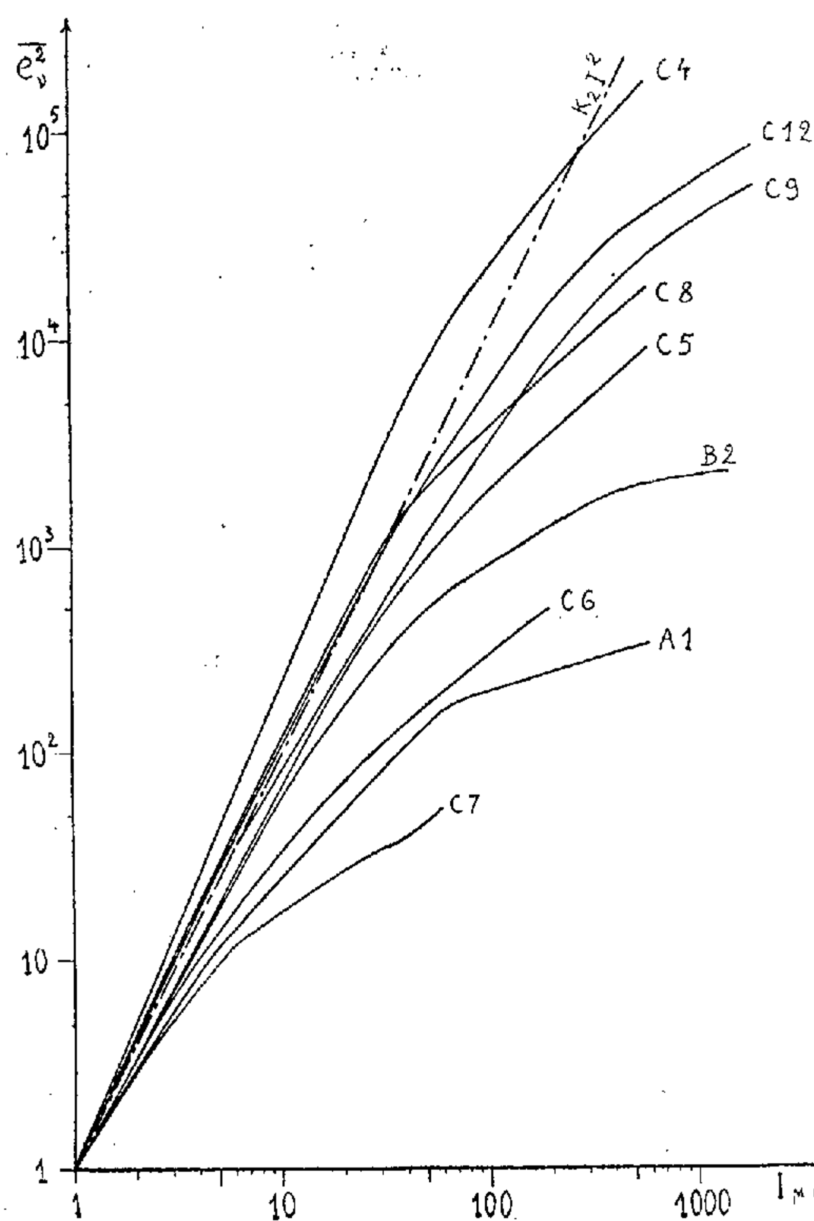


Fig. 1.

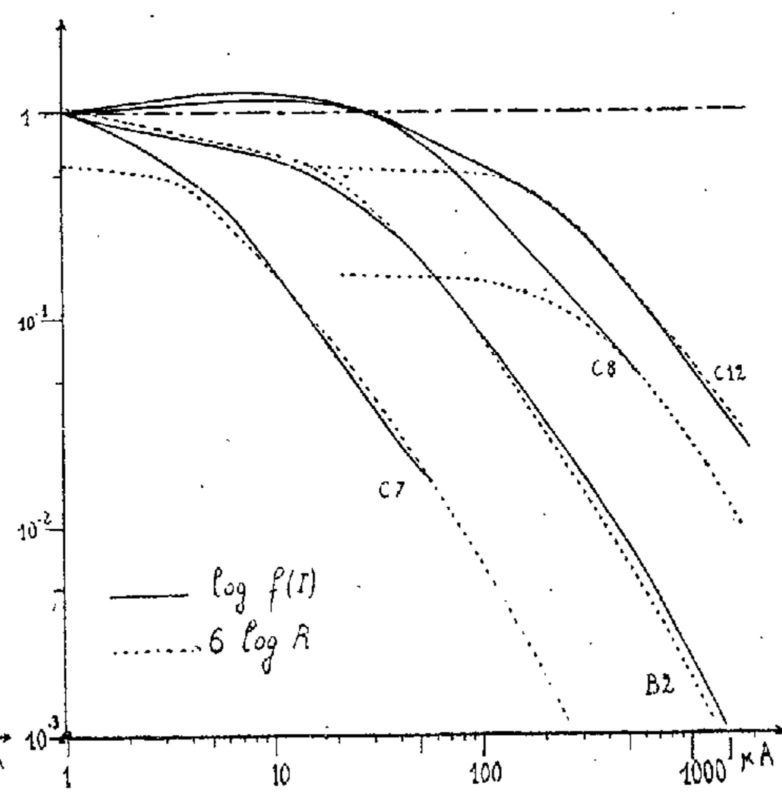


Fig. 2.

Ces courbes présentent une grande analogie de formes et, dans beaucoup de cas, sont superposables à condition de faire subir à $\log R$ une affinité de rapport voisin de 6 parallèlement à l'axe des ordonnées. Sur la figure 2 on a représenté en pointillé les courbes $6 \log R$. Les concordances observées semblent lier l'écart à la loi en I^2 et l'écart à la loi d'Ohm.

3. *Résultats numériques.* — Posons $\overline{e_v^2} = K I^\alpha / \nu$ (pour les résistances L, α dépend de I). Le tableau donne pour les résistances étudiées la valeur R_0, la valeur K (*e* exprimé en volts et I en ampères) et les valeurs minima de α (obtenues pour I maximum) ainsi que les puissances dissipées correspondantes.

TABLEAU

Carbone aggloméré				Lames				
N°	R_0(KΩ)	K	W_{max}	N°	R_0(KΩ)	K	α_{min}	W_{max}
26	60	3,3 10^{-6}	2,4 10^{-4}	C 7	400	1,2 10^{-4}	0,53	8,3 10^{-4}
24	»	5,3 »	»	A 1	360	6,6 »	0,28	3,2 10^{-2}
23	»	3,3 »	»	B 2	120	4,3 »	0,12	7,5 »
1	20	8,2 10^{-7}	5 10^{-3}	C 6	100	6,6 »	0,76	2,2 10^{-3}
3	»	7,6 »	»	C 12	32	7 10^{-2}	0,61	7,2 10^{-2}
5	»	1,2 »	»	C 5	23	4,6 10^{-3}	0,88	6,5 10^{-3}
13	100	1,3 10^{-4}	1 10^{-3}	C 4	16	5,8 »	1,1	4,3 »
38	»	1,3 »	»	C 9	15	2 10^{-2}	0,56	3,2 10^{-2}
32	»	4 10^{-5}	»	C 8	13	7,3 »	0,81	3,8 10^{-3}

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Formules nouvelles pour les aberrations du troisième ordre des lentilles électrostatiques.* Note (*) de M. **Peter Sturrock**, présentée par M. Louis de Broglie.

La méthode que nous avons donnée dans une Note précédente [1] pour les lentilles magnétiques, peut être appliquée aussi aux lentilles électrostatiques; nous l'exposerons ici dans le cas de l'approximation newtonienne.

Utilisant la transformation de Picht [2]

$$u = v\Phi^{\frac{1}{4}}, \tag{1}$$

l'équation paraxiale s'écrit sous la même forme que dans le cas magnétique

$$\frac{d^2 v}{dz^2} + T(z)\, v = 0, \tag{2}$$

avec maintenant :

$$T = \frac{3}{16}\left(\frac{\Phi'}{\Phi}\right)^2. \tag{3}$$

Nous pouvons garder les formules (2) et (3) de la Note [1] en modifiant seulement la formule du grossissement qui devient

$$G = \Phi_0^{1/4}\,\Phi_b^{-1/4}\,g_b.$$

L'*important avantage* de calculer $g'(z)$ et $h'(z)$ par intégration suivant les

(*) Séance du 9 juillet 1951.

(1) P.-A. Sturrock, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 146.

(2) J. Picht, *Ann. Phys. Lpz.*, 15, 1932, p. 926.

formules (5) est *conservé* également. Il en va de même pour l'expression générale de l'aberration du troisième ordre : la seule différence est que maintenant P, Q, R sont réels. Les coefficients auxiliaires ont pour expression :

$$(4)\qquad \left\{\begin{aligned} &\mathcal{A} = -\frac{1}{8}, &\qquad \mathcal{C} = -\frac{1}{32}\left\{\left(\frac{\Phi'}{\Phi}\right)^2 + \frac{\Phi''}{\Phi}\right\},\\ &\mathcal{B} = -\frac{1}{16}\frac{\Phi'}{\Phi}, &\qquad \mathcal{F} = -\frac{1}{32}\frac{\Phi'}{\Phi}, \end{aligned}\right.$$

dont il n'est besoin de connaître la valeur que pour $z = z_0$ et $z = z_b$; et

$$(5)\qquad \left\{\begin{aligned} &\mathrm{A} = \frac{3}{64}\left(\frac{\Phi'}{\Phi}\right)^2,\\ &\mathrm{B} = -\frac{1}{512}\left\{59\left(\frac{\Phi'}{\Phi}\right)^4 - 65\left(\frac{\Phi'}{\Phi}\right)^2\left(\frac{\Phi''}{\Phi}\right) + 20\left(\frac{\Phi''}{\Phi}\right)^2\right\},\\ &\mathrm{C} = -\frac{5}{128}\left(\frac{\Phi'}{\Phi}\right)^2, \end{aligned}\right.$$

qu'il faut calculer dans tout l'intervalle $z_0 < z < z_b$.

Les coefficients d'aberration ramenés au plan objet s'écrivent alors :

$$\begin{aligned} \mathrm{M}^* = \Phi_0^{\frac{1}{4}}\Phi_a^{\frac{1}{4}}\Big\{ &-\Big[4\Phi^{-\frac{4}{2}}\mathcal{A}g'h'\Big]_{z_0}^{z_b}\\ &+ 4k^{-1}\int_{z_0}^{z_b}\Phi^{-\frac{1}{2}}gh\{\mathrm{A}g'h' + \mathrm{B}gh\}\,dz + k\int_{z_0}^{z_b}\Phi^{-\frac{1}{2}}(\mathrm{A} + 2\mathrm{E})\,dz\Big\}, \end{aligned}$$

$$\mathrm{N}^* = \Phi_0^{-\frac{1}{4}}\Phi_a^{\frac{3}{4}}k^{-1}\int_{z_0}^{z_b}\Phi^{-\frac{1}{2}}h^2\{\mathrm{A}h'^2 + \mathrm{B}h^2\}\,dz,$$

$$\begin{aligned} \mathrm{P}^* = \Phi_a^{-\frac{1}{2}}\Big\{ &-\Big[\Phi^{-\frac{1}{2}}\mathcal{A}h'^2\Big]_{z_0}^{z_b}\\ &+ 2k^{-1}\int_{z_0}^{z_b}\Phi^{-\frac{1}{2}}gh\{\mathrm{A}h'^2 + \mathrm{B}h^2\}\,dz + \int_{z_0}^{z_b}\Phi^{-\frac{1}{2}}\mathrm{A}hh'\,dz\Big\}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathrm{Q}^* = \Phi_0^{\frac{1}{4}}\Phi_a^{\frac{1}{4}}\Big\{ &-\Big[\Phi^{-\frac{1}{2}}\{\mathrm{A}g'h' + \mathcal{F}k\}\Big]_{z_0}^{z_b}\\ &+ k^{-1}\int_{z_0}^{z_b}\Phi^{-\frac{1}{2}}gh\{\mathrm{A}g'h' + \mathrm{B}gh\}\,dz + k\int_{z_0}^{z_b}\Phi^{-\frac{1}{2}}\mathrm{E}\,dz\Big\}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathrm{R}^* = \Phi_0^{\frac{1}{2}}\Big\{ &-\Big[\Phi^{-\frac{1}{2}}\{3\mathcal{A}g'^2 + \mathcal{B}gg' + \mathcal{C}g^2\}\Big]_{z_0}^{z_b}\\ &+ 2k^{-1}\int_{z_0}^{z_b}\Phi^{-\frac{1}{2}}g^2\{\mathrm{A}g'h' + \mathrm{B}gh\}\,dz + \int_{z_0}^{z_b}\Phi^{-\frac{1}{2}}\mathrm{A}gg'\,dz\Big\}. \end{aligned}$$

Il est encore possible d'exprimer les coefficients auxiliaires en fonction de

la seule fonction $T(z)$:

$$(7)\quad \begin{cases} \mathcal{A} = -\frac{1}{8}, & \mathcal{C} = -\frac{1}{3}T - \frac{\sqrt{3}}{48}T^{-\frac{1}{2}}T', \\ \mathcal{B} = \frac{\sqrt{3}}{12}T^{-\frac{1}{2}}, & \mathcal{F} = -\frac{\sqrt{3}}{24}T^{\frac{1}{2}}, \end{cases}$$

$$(8)\quad \begin{cases} A = \frac{1}{4}T, \\ B = -3T^2 - \frac{55}{144}\sqrt{3}\,T^{\frac{1}{2}}T' - \frac{5}{32}T^{-1}T'^2, \\ E = -\frac{5}{24}T. \end{cases}$$

Il est alors intéressant de comparer deux lentilles, l'une magnétique, l'autre électrostatique, qui seraient caractérisées par la même fonction $T(z)$. Nous supposerons que l'objet et l'image restent à l'extérieur de la lentille dans une région où les champs et la fonction $T(z)$ sont nuls. Alors les $\mathcal{A}$ sont égaux; A et E ont des valeurs comparables dans les deux genres de lentilles, mais pour B (aberration sphérique) le terme indépendant de T' est quatre fois plus grand dans la lentille électrostatique que dans la magnétique.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Représentation graphique de l'intégrale des équations de Bloch.* Note (*) de M. **Yves Ayant**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans certains cas, où l'on peut supposer M_z constant ([1]), ([2]), on sait résoudre formellement les équations de Bloch donnant la composante $f = u + iv$ du moment magnétique nucléaire macroscopique, sous la forme

$$(1)\qquad f(t) = i\omega_1 M_z \int_{-\infty}^{t} k(t-t')\, e^{-\int_{t'}^{t} i\Delta\omega(t'')\,dt''}\, dt',$$

$k(\tau)$ est la transformée de Fourier du spectre d'absorption ([3]).

Posons

$$(2)\qquad \varphi(t) = \int^{t} \Delta\omega(t'')\, dt''$$

et

$$(3)\qquad z(t) = \int^{t} dt'\, e^{i\varphi(t')},$$

(1) s'écrit

$$(4)\qquad f(t) = e^{-i\varphi(t)}\, i\omega_1 M_z \int_{-\infty}^{t} k(t-t')\, dz'.$$

(*) Séance du 2 juillet 1951.

([1]) A. Jacobsohn et K. Wangsness, *Phys. Rev.*, **73**, 1948, p. 942.

([2]) R. Gabillard, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1477.

([3]) R. Gabillard, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1551.

Considérons la courbe Γ définie par le lieu du point $z(t)$, elle jouit des propriétés suivantes analogues à celles de la spirale de Cornu :

a. t mesure l'abscisse curviligne;

b. $\varphi(t)$ mesure l'angle de la tangente en $z(t)$;

c. la courbure est donnée par $d\varphi/dt = \Delta\omega(t)$.

Donc Γ présente une inflexion à chaque passage par la résonance, un arc quasi rectiligne centré sur ce passage, et le reste de Γ consiste en enroulements de rayon très faible, dans les conditions usuelles de balayage (*fig.* 1). Si nous considérons alors la quantité

$$\text{(5)} \qquad F = \int_{-\infty}^{t} k(t - t')\, dz',$$

nous voyons que les dz' situés dans les enroulements n'apporteront qu'une contribution négligeable par rapport à ceux qui sont situés dans les arcs quasi rectilignes encadrant chaque inflexion.

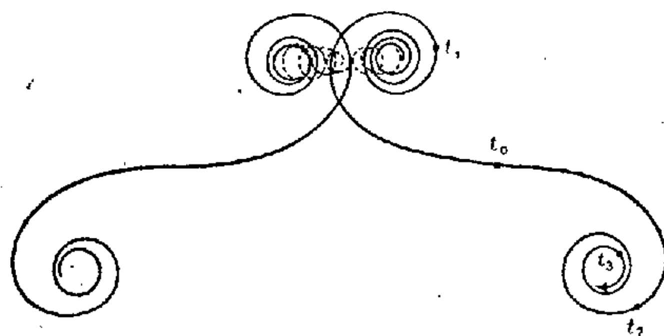


Fig. 1.

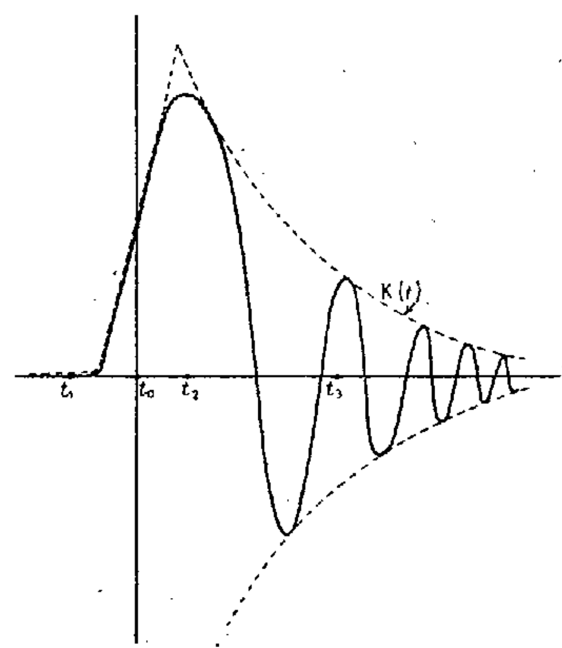


Fig. 2.

Pour la discussion, nous considérerons le cas où

$$\Delta\omega(t) = \Delta\omega_0 \sin \frac{2\pi}{\Theta} t.$$

La longueur d'un arc quasi rectiligne est approximativement

$$\theta_1 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\Theta}{\Delta\omega_0}};$$

négliger l'effet des enroulements revient à supposer $\theta_1 \ll (\Theta/2)$, c'est-à-dire : $\sqrt{\Delta\omega_0 \theta} \gg 1$. Or, pour un balayage de 10 gauss à 50 périodes, cette quantité est de l'ordre de 700, et θ_1 est de l'ordre de $1,4 . 10^{-4}$ s.

Dans la discussion nous désignerons par T'_2 le temps de relaxation transversal de Bloch, et nous distinguerons trois cas :

1° $\theta/2 \gg T'_2 > \theta_1$. — $k(\tau)$ varie très peu sur un arc quasi rectiligne, comme sur un enroulement : donc avant un passage par la résonance, toute la partie utile de Γ [c'est-à-dire celle où $k(t-t')$ est notable] est fixée dans les enroulements (t en t_1 sur la figure 1) : F est faible. Dès qu'on vient de traverser la résonance (t en t_2), l'arc quasi rectiligne donne toute sa contribution, F a brusquement cru en une durée égale à θ_1. Par la suite (t en t_3), en négligeant les dz' situés dans les enroulements on garde la contribution de l'arc quasi rectiligne affectée du facteur décroissant $k(t-t_0)$, t_0 désignant le passage par la résonance. D'où l'allure de $F(t)$ (*fig.* 2).

On note également que la phase de F est sensiblement constante, donc le phénomène observé s'obtient en modulant F par un facteur en

$$\cos\left[\frac{\theta.\Delta\omega_0}{2\pi}\left(1-\cos\frac{2\pi}{\theta}t\right)+\alpha_0\right]$$

en vertu de (4) (*fig.* 2).

Dans le cas où $k(\tau)$ présente des oscillations de période T_s (existence d'un « shift »), on les décélera dans l'enveloppe des oscillations du signal si $T_s > \theta_1$.

Ceci peut constituer un procédé commode d'étude des déplacements de fréquence de résonance.

2° $T'_2 < \theta_1$. — Comme $k(\tau)$ varie beaucoup dans les premiers enroulements, négliger leur effet serait désastreux; toutefois ici un calcul simple montre que $f(t)=\chi[\Delta\omega(t)]$, χ étant la transformée de Fourier de $k(\tau)$; on observe donc le spectre d'absorption.

3° $T'_2 > \theta_2$. — La discussion est la même que pour le cas 1°; on observe des oscillations des deux côtés du passage par la résonance d'amplitude d'autant plus voisines que T'_2 est plus grand.

RADIOACTIVITÉ. — *Nouvelle méthode de préparation de radioéléments artificiels sans entraîneur. Cas du* ^{35}S. Note (*) de MM. **Marius Chemla** et **Pierre Süe**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le ^{32}P et le ^{35}S produits par des neutrons rapides dans du ClNa diffusent par simple chauffage vers la surface du cristal.

Un courant d'hydrogène capte le ^{35}S qu'il abandonne ensuite par barbotage dans de l'eau de brome, alors que le ^{32}P est entraîné par la vapeur du ClNa vers les parties froides du tube.

Le chlorure de sodium irradié en neutrons rapides contient du soufre et du phosphore radioactifs produits par les réactions nucléaires ^{35}Cl(n, p) ^{35}S et ^{35}Cl(n, α) ^{32}P; il est important en chimie nucléaire de pouvoir isoler ces atomes sans entraîneur.

(*) Séance du 2 juillet 1951.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons montré que par simple chauffage le ^{32}P et le ^{35}S diffusent vers la surface du monocristal irradié; les courbes de répartition présentent une brusque discontinuité correspondant à l'accumulation du radioélément sur la surface. Cette zone superficielle est extrêmement étroite : il suffit de gratter légèrement le cristal pour la faire disparaître complètement. Ce fait laissait prévoir la possibilité d'entraîner ces radioéléments à l'aide d'un gaz; bien plus en tenant compte de l'affinité différente de chaque espèce d'ion pour le réseau, on pouvait envisager une séparation sélective.

Dans ces expériences nous avons réussi à séparer le ^{35}S exempt de ^{32}P en faisant circuler un courant d'hydrogène sur le cristal chauffé. Le ^{35}S sans doute transformé en H_2S est récupéré par barbotage du gaz dans de l'eau de brome. Le ^{32}P est entraîné par la volatilisation (très faible) du ClNa et se dépose sur les parties froides du tube d'où on peut alors le récupérer par lavage à l'eau.

Des monocristaux artificiels de chlorure de sodium de $1 \times 1 \times 0{,}3$ cm sont irradiés trois jours à la pile de Châtillon. L'un d'eux est chauffé pendant 17 h à 770° dans un tube de quartz où circule un courant d'hydrogène purifié. A la sortie du tube l'hydrogène barbote dans de l'eau de brome dont on compense l'appauvrissement en ajoutant au fond du récipient quelques gouttes de brome pur qui entrent lentement en solution dans l'eau. A la fin de l'opération le cristal est découpé au microtome pour étudier la répartition du ^{35}S et du ^{32}P, et le tube de quartz est lavé à l'eau distillée bouillante.

Le bilan obtenu est résumé dans le tableau suivant :

	^{32}P (coups : mn).	^{35}S (coups : mn).
Activité initiale du cristal	41 500	143 000
» finale du cristal	18 700	72 000
» récupérée dans l'eau de brome	< 700	65 000
» récupérée par lavage du tube	21 000	1 500

En chauffant plus longtemps (48 heures) nous sommes arrivés à récupérer dans l'eau de brome près de 80 % du ^{35}S initialement contenu dans le cristal.

La différence de comportement du ^{32}P et du ^{35}S semble pouvoir s'expliquer par l'intervention de l'énergie de liaison de ces ions dans le réseau. Cette grandeur est proportionnelle à l'énergie d'activation pour le transfert d'un ion S ou P d'une position réticulaire vers une lacune, soit 0,8 eV pour ^{35}S et 2,2 eV pour ^{32}P ([2]). L'énergie nécessaire à l'arrachement d'un ^{32}P est donc environ trois fois plus grande que celle pour ^{35}S. Le ^{32}P n'est alors pas séparé du réseau, il reste fixé sur la surface du cristal et la vaporisation de ce dernier l'entraîne vers les parties froides du tube. Cette hypothèse est illustrée par la forme des courbes de répartition (*fig.* 1 et 2). La surface du cristal est anormalement riche en ^{32}P et pauvre en ^{35}S.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1553.

([2]) M. Chemla, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2424.

Dans des expériences complémentaires nous avons changé la nature du gaz et obtenu des résultats identiques aux précédents avec HCl et Cl_2. Par contre avec O_2, l'activité sortant du tube est rigoureusement nulle. Dans ce dernier cas il se formerait directement des ions SO_4^{---} et PO_4^{---} très fortement liés au réseau.

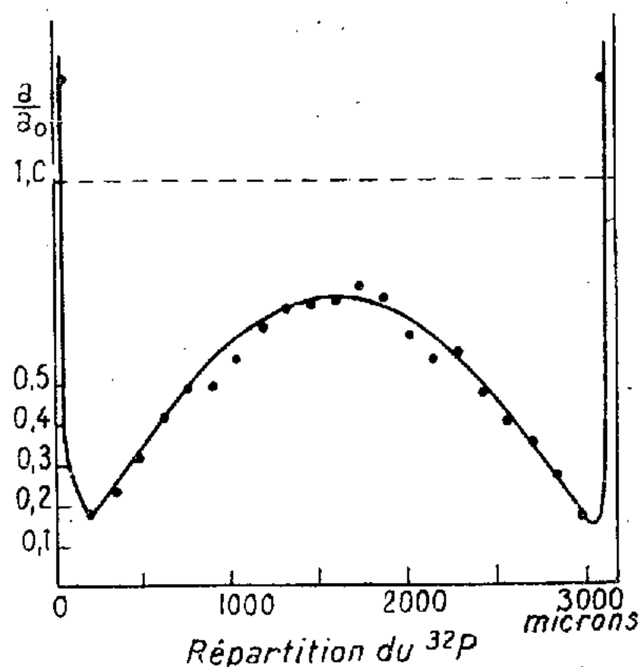


Fig. 1.

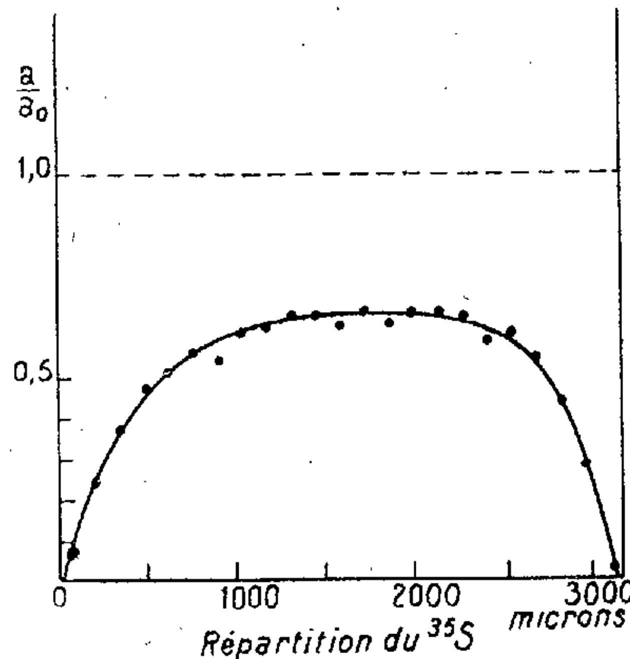


Fig. 2.

En conclusion, la méthode de séparation des radioéléments sans entraîneur, que nous proposons, présente les avantages suivants : 1° Étant sélective elle permet de séparer les différents radio-éléments entre eux ; 2° l'appareillage expérimental et les manipulations sont très simples; 3° le cristal reste intact.

Cette méthode s'applique chaque fois qu'une réaction nucléaire crée un ion anormal dans le réseau. Il est possible de la généraliser en l'appliquant à d'autres cristaux naturels ou artificiels; et peut-être dans certaines conditions à des poudres cristallines.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Essai d'interprétation des courbes d'absorption diélectrique ε″, dans le domaine des ondes kilométriques, de l'eau adsorbée. II. Conséquences : Déterminations de la* surface réelle *et du* point de rupture *de l'adsorbant.* Note (*) de M. **Georges Carpéni**, présentée par M. Louis Hackspill.

La détermination expérimentale de l'absorption ε″ en fonction de la température T et du taux d'hydratation E de l'adsorbant, permet d'atteindre, grâce aux relations précédemment établies (Note I) et par extrapolation graphique *linéaire*, deux constantes importantes du support adsorbant, à savoir sa *surface active* et son *point de rupture*.

Après avoir établi (¹) les relations préliminaires indispensables, il

(*) Séance du 9 juillet 1951.

(¹) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 158.

nous reste maintenant à exposer l'interprétation proprement dite des courbes $\varepsilon'' = f(E, T)$.

1. Nous admettons que le taux d'hydratation minimum E_m, à partir duquel la bande I commence à apparaître, représente l'*eau de la couche monomoléculaire*. Cette couche est formée de molécules d'eau désassociées, possédant toutes une même orientation (eau « ordonnée ») mais ne présentant aucune interaction entre elles. *Ces molécules n'interviennent ni dans la bande* I *ni dans la bande* II; *par contre, elles sont responsables, comme unités absorbantes indépendantes, d'une troisième bande (bande* III), *à maximum fixé par la température* T_i^M max max $= T_M^M = +88^\circ$ C. La bande III doit avoir pour $E = E_m$ une intensité $h_m = h_i$ max max $= h^M$. Si la couche monomoléculaire était incomplète, c'est-à-dire si $E < E_m$, $h_m < h^M$ (T_M^M invariable).

2. Nous attribuons la bande I à des « *ensembles moléculaires* » *définis,* que nous désignons par le symbole $(H_2O)_{x_0}$. Il ne s'agit pas ici d'une molécule polymérisée ou associée (par liaison hydrogène) au sens habituel, mais d'un ensemble de molécules contiguës, en surface ou (et) profondeur, *ayant toutes une même orientation.* Ces entités absorbantes *indépendantes* $(H_2O)_{x_0}$, à x_0 molécules d'eau par unité, constituent les *couches d'adsorption secondaires* (après la première, monomoléculaire) et sont formées par l'excès $E - E_m$, par rapport à E_m, de l'eau adsorbée. La *composition* de ces ensembles $(H_2O)_{x_1}$ est définitive (x_0 invariable), car elle est déterminée par la température de — 100° environ, qui correspond à la solidification « normale » [2] de l'eau désassociée. Dans ces conditions, la position de la bande I doit être fixe (T_0^M invariable) et la hauteur h_0 proportionnelle à la concentration $[H_2O]_{x_0}$ [relations I *bis* et I *ter* [1]].

3. De la même manière, nous attribuons les bandes *variables* II aux entités absorbantes $(H_2O)_{x_i}$ *formées des mêmes molécules d'eau* $E - E_m$ *des couches d'adsorption secondaires,* mais à des températures plus élevées ($T_i^M > T_0^M$). Contrairement à ce qui a lieu à — 100° pour $(H_2O)_{x_0}$, les ensembles $(H_2O)_{x_i}$ sont d'indice x_i, variable aussi bien avec la température qu'avec le taux d'hydratation. On peut concevoir que pour une teneur E % donnée, il existe toujours une température *optimum* T_i^M pour laquelle *toute l'eau secondaire* $E - E_m$ se trouve *uniquement* sous la forme $(H_2O)_{x_i}$, définie par le nombre de molécules constitutives x_i possédant toutes la même orientation (un même « ordre »). Il est normal d'admettre que x_i augmente avec l'hydratation, alors que la température T_i^M diminue [3]. Cependant h_i diminue

---

[2] D'après M. et R. Freymann, *Comptes rendus,* 232, 1951, p. 1096.

[3] Pour permettre aux x_i molécules d'un ensemble $(H_2O)_{x_i}$, *à plus grand nombre* de molécules, de se « figer » dans une même orientation moyenne donnée, il faut que la température soit *plus basse.*

lorsque le taux d'hydratation augmente, ce qui signifie que l'accroissement du nombre de molécules x_i, par entité absorbante, est *plus rapide* que E.

En définitive, les conséquences qui découlent des conceptions exposées nous permettent de préciser, qualitativement et quantitativement, les courbes $\varepsilon'' = f(E, T)$ de la manière suivante :

1° *Taux d'hydratation* $E = E_m$. — L'eau est juste suffisante pour recouvrir l'adsorbant d'une couche monomoléculaire : existence d'une bande *unique* à maximum (bande III), d'abscisse invariable $T_M^M = +88°$, d'intensité h_m max max $= h^M = 81,5$ mm [dans les conditions décrites (4)]. Si $E < E_m$, la bande III subsiste toujours à $T = 88°$ mais $h_m < h^M$.

Conséquence. — La détermination de E_m, par extrapolation *linéaire* de la droite 1 (1) pour $h_0 = 0$ [*fig.* (1)], permet d'atteindre la surface active réelle de l'adsorbant. *Application* à l'actigel utilisé (4) : $E_m = 6,5\,\%$ d'eau, soit une surface active de 230 m² : g, grandeur plausible (5).

2° *Taux d'hydratation* $E > E_m$. — La bande III subsiste à sa place ($T = 88°$) avec son intensité maximum (h^M). Cependant deux autres bandes doivent apparaître : *a*. Bande I, d'abscisse invariable $T_0^M = -100°$ environ, d'intensité h_0 proportionnelle à $E - E_m$ [relation I(1)]; *b*. Bande II, d'abscisse (T_i^M) et d'ordonnée (h_i) variables toutes deux avec E. Les variations de h_i et de T_i^M sont également *linéaires* en fonction de $E - E_m$, d'après les relations III et IV (1), respectivement. De plus, la somme des hauteurs h_0(bande I) et h_i (bande II) doit être *constante*, d'après la relation II (1). *Lorsque celle-ci n'est plus vérifiée* ($h_0 + h_i < h_M$) *à partir d'un certain taux* E % [*fig.* (1)], *c'est que l'eau adsorbée n'est plus en totalité « ordonnée » mais en partie « désordonnée »* (6).

Conséquence. — Le taux critique E_c, à partir duquel la relation II (1) ne joue plus *rigoureusement*, marque le « point de rupture » de l'adsorbant (7) : le rendement de l'adsorption, ρ(eau adsorbée/eau présentée), voisin de 100 % au début, *commence* à baisser [la courbe $\rho(E)$ s'infléchit]. *Application* à l'actigel utilisé (4) : $E_c \sim 20\,\%$, valeur acceptable.

---

(4) Mlle ROLLAND et M. BERNARD, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1098.

(5) L'encombrement superficiel de la molécule d'eau étant de 10,6 Å² (*cf.* par exemple CALVET, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 964), 1 % d'eau représente une surface de $10,6.6.10^{23}/18.100 \# 35$ m² : g d'adsorbant.

(6) « Ordre » et « désordre » ou, respectivement, « eau solide » et « eau liquide » au sens de M. et R. FREYMANN (*Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 401). Remarquons qu'il s'agit ici d'*eau désassociée* [*cf.* (2)].

(7) *Cf.* par exemple, LEDOUX, *Adsorption des gaz et des vapeurs* (1948) p. 152, ou MANTELL, *Adsorption*, 1945, p. 174.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'accélération de certaines réactions chimiques sous l'action d'un champ électrique.* Note (*) de M. **José Lima-de-Faria**, présentée par M. Louis de Broglie.

On décrit des expériences dans lesquelles on met en évidence une dissymétrie introduite dans les vitesses de réactions par l'action d'un champ électrique. Application possible à l'analyse.

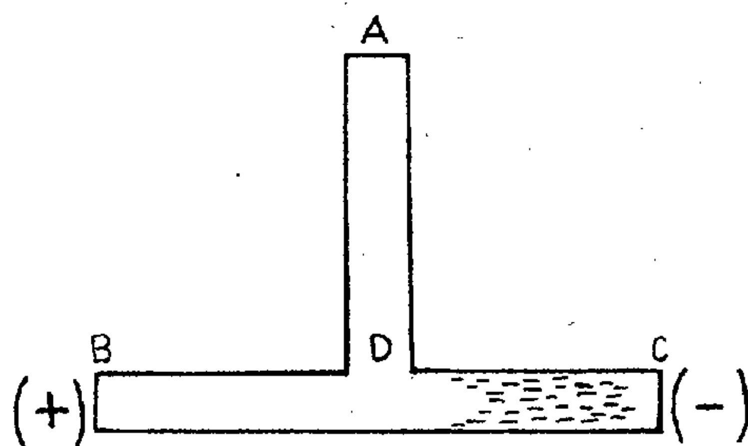
Dans une Note précédente ([1]), concernant la diffusion d'un électrolyte soumis à un champ électrique, on a signalé l'existence d'une dissymétrie du phénomène provoquée par le champ. Après ces expériences nous nous sommes posé le problème de savoir si en utilisant deux électrolytes susceptibles de réagir entre eux, on parviendrait aussi à une dissymétrie dans la réactivité chimique. Nous nous sommes servi du tube en T décrit dans la Note précitée, et nous l'avons rempli d'une solution diluée de SO_4Fe. Deux électrodes de charbon permettaient d'établir entre les extrémités B et C une différence de potentiel de 220 V. En y introduisant quelques gouttes d'une solution concentrée de $S(NH_4)_2$, par l'extrémité A, nous avons vu se former un précipité gris noir avançant dans la branche AD. Après le passage en D on constate que la réaction se propage dans les deux branches cathodiques et anodiques, mais que les aspects qu'elle présente sont très différents, la partie du précipité qui se dirige vers l'anode devenant très épaisse et beaucoup plus noire, par contre celle qui s'achemine vers la cathode prenant un aspect plus ténu. Nous avons par la suite essayé d'autres paires de substances susceptibles de donner des précipités [par exemple, le SO_4H_2 et le Cl_2Ba, le $Fe(CN)_6K_3$ et le Cl_2Fe, le $Fe(CN)_6K_4$ et le Cl_3Fe] et nous nous sommes toujours trouvé en présence d'une dissymétrie semblable très prononcée qui n'apparaît pas en absence du champ.

Un tel phénomène, qui implique une différence entre les vitesses de réactions dans les branches cathodiques et anodiques, nous ayant paru très difficile à expliquer à partir des faits connus, nous avons pensé à la possibilité d'une sorte d'action catalytique du champ électrique. Pour vérifier cette hypothèse nous nous sommes alors servi de deux électrolytes qui pour certaines concentrations et dans des conditions normales ne réagissent pas d'une manière visible, à savoir, une solution de $(NO_3)_2Pb$ concentrée (0,2 M : l) sur une solution de INa très diluée (2.10^{-3} M : l). Si l'on remplit le tube avec la solution de INa et l'on introduit quelques gouttes (trois) de la solution de $(NO_3)_2Pb$, par A, on n'observe rien, mais si l'on répète la même expérience en faisant intervenir un champ électrique (220 V de

(*) Séance du 9 juillet 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1670.

différence de potentiel entre les électrodes) on voit apparaître, du côté cathodique, un anneau jaune qui avance et qui donne origine à un étendu précipité jaune, très brillant, d'iodure de plomb. Dans la partie AD du tube qui n'est pas sous l'action du champ, on n'observe rien. La figure ci-jointe montre une expérience de ce genre.



Nous avons pu obtenir des résultats analogues en travaillant avec le ClH et le MnO_4K, le $(NO_3)_2Pb$ et le BrK, etc. Nous avons encore obtenu des résultats semblables en répétant ces expériences dans un tube en U placé verticalement. En remplissant le tube par exemple, avec une solution diluée de INa (2.10^{-3} M : l) jusqu'à une certaine hauteur, et en introduisant lentement par le fond une solution concentrée de $(NO_3)_2Pb$ (0,2 M : l) en faisant ensuite intervenir le champ électrique, on observe, du côté de la cathode, près de la surface de séparation des deux liquides, la formation d'un disque de précipité jaune brillant d'iodure de plomb. Du côté de l'anode on n'observe rien.

Nos tentatives d'explication de ce phénomène nous apparaissent encore insuffisantes et l'élaboration d'une théorie complète nous semble prématurée. Néanmoins nous sommes incliné à penser que dans l'expérience du $(NO_3)_2Pb$ sur le INa le fait selon lequel les ions Pb^{++} entourés d'ions NO_3^- et I^- dans la partie AD du tube, se trouvent d'autre part dans la partie DC entièrement entourés par les ions I^-, doit jouer un rôle très important dans ce phénomène. Les expériences dans le tube en U nous ont fait penser aux expériences du Professeur Jolibois auxquelles il a donné le nom d'électrolyse avec des électrodes d'eau distillée ([2]). On pourrait en effet penser qu'elles peuvent être considérées comme un cas particulier du phénomène que nous avons observé, l'eau étant alors l'un des réactifs.

Comme application de ce phénomène nous pensons à une possibilité d'augmentation de la sensibilité de certaines réactions caractéristiques

---

([2]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 706; **200**, 1935, p. 1469; **230**, 1950, p. 888; **231**, 1951, p. 1272.

d'analyse qualitative. Par ailleurs nous pensons que l'étude de ce phénomène pourra apporter quelque lumière sur le phénomène catalytique en général.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les céramiques à base de zircone et d'oxyde de lanthane*. Note (*) de MM. **Félix Trombe** et **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les mélanges de zircone et d'oxydes de terres rares ont été utilisés fréquemment pour la confection de céramiques fortement conductrices de l'électricité à haute température, employées autrefois pour l'éclairage sous le nom de « bâtonnets de Nernst ».

En vue de rechercher l'origine des propriétés spéciales de ces bâtonnets, nous avons procédé à l'étude du système formé par la zircone avec le plus important des sesquioxydes de terres rares : l'oxyde de lanthane.

Le diagramme de fusion de ce système, établi par Wartenberg et Eckhardt [1], comporte un minimum, très accentué, vers 2100° C (40 mol % de zircone). En dehors de cela, la courbe, tracée malheureusement à l'aide d'un trop petit nombre de points, présente une région à température de fusion anormalement élevée, entre 60 et 80 mol % de zircone, mais sans maximum caractérisé.

L'analyse aux rayons X et l'examen au microscope polarisant des différents produits fondus au four solaire nous ont indiqué l'existence, du point de vue structural, de trois zones distinctes :

1° Au voisinage de la zircone, une solution solide primaire α, dont la structure dérive de celle de la zircone [2].

2° Pour les teneurs en oxyde de lanthane comprises entre environ 10 et 35 mol %, une solution solide β, cubique type fluorine.

3° Les produits plus riches en oxyde de lanthane ($La_2O_3 > 35$ mol %) présentent, à côté de la phase cubique précédente, de l'oxyde de lanthane libre (structure hexagonale), les deux phases formant un eutectique pour des compositions voisines de celles des mélanges équimoléculaires.

La dimension *a* de la maille cubique type fluorine évolue en fonction de la teneur en oxyde de lanthane, et passe par un minimum (5,39 Å) pour la composition stœchiométrique $2\,ZrO_2.La_2O_3$, ce qui indique l'existence d'un état d'ordre maximum pour cette composition.

(*) Séance du 2 juillet 1951.

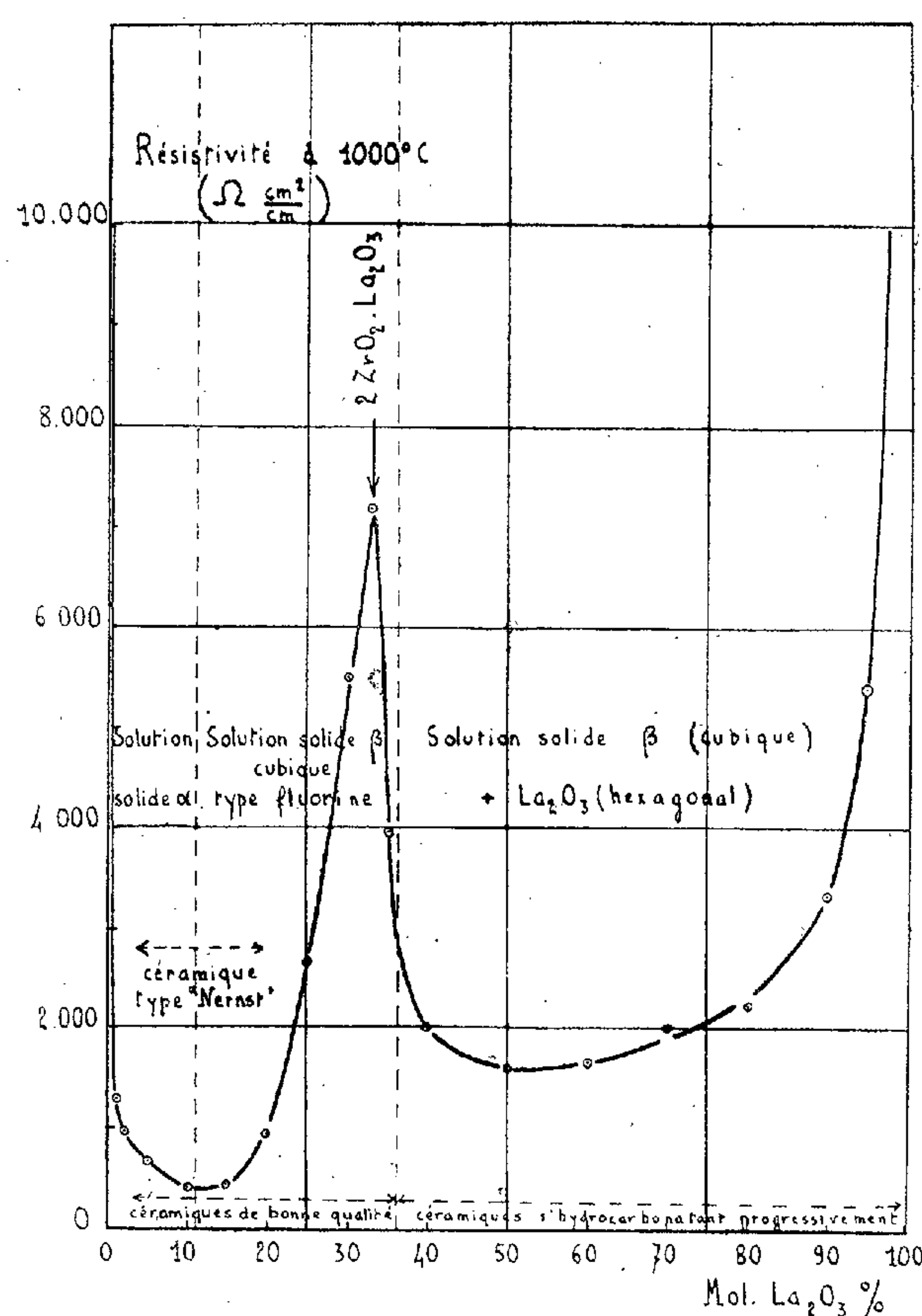
[1] *Zeits. Anorg. Chem.*, **232**, 1937, p. 178.

[2] *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 172.

On trouve ainsi

ZrO_2 (mol).......	85	80	70	66,7	65	< 65
La_2O_3 (mol)......	15	20	30	33,3	35	> 35
a (Å)............	5,395	5,398	5,400	5,390	5,435	5,446

Nous avons vérifié, à l'aide de mesures dilatométriques et de conductibilité électrique, que les produits cubiques ainsi obtenus ne présentent pas la transformation caractéristique de la zircone ([2]). L'oxyde de lanthane « stabilise » donc la zircone, comme le font d'autres oxydes : chaux ou magnésie, par exemple.



La courbe isotherme représentant la variation de la résistivité électrique des produits fondus du système zircone-oxyde de lanthane, en fonction de la composition à 100 °C (*figure*) met en évidence, essentiellement. les deux points suivants :

1° Un maximum de résistance accentué pour les produits de composition stœchiométrique $2\,ZrO_2 . La_2O_3$, ce qui confirme les indications fournies par l'analyse aux rayons X en ce qui concerne leur structure privilégiée.

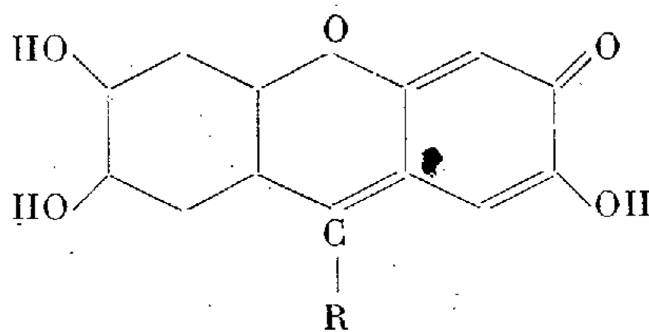
2° Un minimum de résistance pour les produits situés au voisinage de la transition solution solide α-solution solide β. La conductibilité élevée de ces produits devant être rattachée à leur structure fortement lacunaire.

Les céramiques dont la teneur en oxyde de lanthane est comprise entre 3 et 35 mol % ont une bonne tenue à l'air et présentent une forte cohésion et une assez bonne résistance aux chocs thermiques. Leur coefficient de dilatation linéaire moyen observé est de l'ordre de 10.10^{-6} entre 0° C et 1800°C. Par contre, les produits riches en oxyde de lanthane s'effritent rapidement en s'hydrocarburant, lorsqu'on les abandonne à l'air.

En conclusion, l'étude des céramiques constituées par de la zircone et de l'oxyde de lanthane nous a permis de mettre en évidence, pour certaines compositions, l'existence de produits présentant une forte conductibilité électrique (céramiques type Nernst).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réactifs spécifiques du germanium.* Note de MM. **Arakel Tchakirian** et **Pierre Bavillard**, transmise par M. Paul Pascal.

On a signalé jusqu'ici les hydroxyfluorones du type



comme précipitant le germanium tétravalent en milieu acide [1], [2].

Le présent travail consiste en une étude systématique des réactifs du germanium. Parmi les composés envisagés nous citerons (*voir* Tableau).

Ces réactifs sont employés en solution aqueuse ou alcoolique en présence d'acide chlorhydrique à 20 % en général. On observe un virage de la coloration à défaut de précipité lorsque la molécule porte des groupements acides (gallocyanine, dihydroxyazobenzène sulfoné, nitrocomposés).

L'étude systématique de ces réactifs avec divers autres cations a été faite; elle sera l'objet d'une prochaine Note. Signalons toutefois dès maintenant les faits suivants : l'étain divalent ne réagit pas; l'étain tétravalent donne une coloration mais pas de précipité, le composé formé se rassemble par agitation dans l'éther et dans l'alcool amylique, ce qui ne se produit pas avec d'autres éléments fournissant des colorations caractéristiques comme le molybdène, le

(1) Dückert, *Helv. chem. Acta*, 20, 1937, p. 962.

(2) Cillis, Hoste et Claeys, *Anal. Chem. Acta*, 1, 1947, p. 303.

tungstène. Un réactif voisin de la galléine, la céruléine, en milieu alcoolique et en présence d'acide chlorhydrique normal donne une coloration vert jade caractéristique avec les sels stanniques; le colorant formé est soluble également dans l'éther et l'alcool amylique.

	Milieu.	Réaction.
Matières colorantes azoïques :		
Dihydroxy-3.4 azobenzène	solution alcoolique	précipité rouge à grenat
Méthyldihydroxy-3.4 azobenzène	» »	» rouge
Nitro-4′ dihydroxy-3.4 azobenzène	» sulfurique	» »
Sulfo-4′ dihydroxy-3.4 azobenzène	» aqueuse	coloration rouge foncé
Trihydroxy-2.3.4 azobenzène	» alcoolique	précipité rouge
Colorants nitrés :		
3.5 dinitropyrocatéchol	solution aqueuse	virage de l'incolore au jaune
Colorants du triphénylméthane :		
Galléine	solution aqueuse acide	précipité rose rouge
Pyrogallolsuccinéine	» »	» »
Pyrocatécholphtaléine	» aqueuse	virage du bleu au blanc mauve
Dihydroxy-3.4 triphénylcarbinol	» alcoolique	précipité rouge
Trihydroxy-3.4.5 triphénylcarbinol	» »	» brun
Pyrocatécholaurine	» hydroalcoolique	» violet
Pyrogallaurine	» »	» brun-rose
Groupe des oxazines :		
Gallocyanine	solution légèrement acide	coloration violette
Violet moderne	» »	précipité rose violacé
Purpurogalline	» hydroalcoolique	» rose rouge vif
Bases de Schiff :		
Dihydroxy-3.4 benzalaniline	solution alcoolique	précipité jaune foncé fluorescent
Trihydroxy-2.3.4 benzalaniline	» »	» »
Phénylhydrazone de l'aldéhyde protocatéchique	» alcoolique	» jaune clair
Tétrahydroxydibenzalazine	» »	» jaune foncé
Oxime de l'aldéhyde protocatéchique	» aqueuse	» blanc
Semicarbazone de l'aldéhyde protocatéchique	» acétique	virage au jaune clair
Classe des éthyléniques :		
Acide dihydroxy-3.4 phénylacrylique	solution aqueuse	précipité blanc
Colorants végétaux :		
Brasiline	solution alcoolique	précipité rouge
Hématoxyline	» »	» violet
Hémathéine	» »	» »
Anthocyanidine du choux rouge	» »	virage au violet
Anthocyanidine de la pêche	» »	»

Le molybdène, le tungstène et le titane produisent souvent des colorations foncées et parfois des précipités, en liqueurs concentrées : l'eau oxygénée inhibe la réaction mais ne gêne pas la caractérisation du germanium qui peut, compte tenu de cette observation, être considérée comme spécifique.

Nous avons tenté de définir le groupement fonctionnel responsable de la précipitation du germanium. La comparaison des molécules étudiées nous permet de formuler l'hypothèse suivante :

1° La molécule doit posséder deux fonctions phénol en position ortho.

2° En position para de l'une d'elles doit exister un groupement susceptible en milieu acide de produire une prototropie du noyau (équilibre diphénol-cétophénol), autrement dit de favoriser l'ionisation du groupement phénolique opposé.

Toutes les molécules ne présentant pas ces caractéristiques se sont montrées inactives.

Nous nous proposons de rechercher la formule des composés prenant naissance dans ces réactions, d'étendre notre étude à de nouveaux composés définis par la loi précédente, et de déterminer la composition des corps obtenus au moyen de contrôles physiques et chimiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation de la formaldéhyde avec les esters acétylacétique et cyanacétique, l'acétylacétanilide et la cyanacétanilide en présence d'acétate de sodium.* Note de M. **Jean Décombe** et Mlle **Geneviève Bouchet**, transmise par M. Marcel Delépine.

Il est remarquable que, malgré le nombre considérable de travaux relatifs aux condensations des aldéhydes avec les cétones, le cas particulier de la formaldéhyde agissant molécule à molécule sur l'ester acétylacétique n'ait donné lieu jusqu'à présent qu'à deux publications dont les conclusions sont ambiguës. La première est celle de Wülfing (1) qui utilisa comme agent de condensation l'acétate de sodium en solution concentrée. La seconde est celle de H. Gault (2) qui employa l'éthylate de sodium. Les deux auteurs obtiennent une huile visqueuse indistillable et incristallisable, se prêtant mal à des déterminations analytiques, qu'ils considèrent comme étant de l'ester méthylèneacétylacétique. Le produit de Gault et celui de Wülfing sont-ils bien identiques ? Telle est la question que nous nous sommes posée.

L'un de nous, dans son travail de thèse (3), avait déjà pensé que le composé préparé par Wülfing était, en réalité, de l'ester méthylolacétylacétique. Cette opinion n'a fait que se confirmer depuis et nos recherches

(1) *D. R. P.*, 80216, Frdl. 4, 1315.
(2) H. Gault et J. Burkhard, *Bull. Soc. Chim.* (5), 5, 1938, p. 385 et 405.
(3) J. Décombe, *Thèse*, Paris, 1932, p. 108.

les plus récentes semblent apporter la preuve de son exactitude. En effet, en condensant exactement dans les mêmes conditions l'acétylacétanilide avec la formaldéhyde, nous avons obtenu, avec de bons rendements, un composé solide blanc dont l'analyse correspond exactement à celle de l'α-méthylolacétylacétanilide. Analyse : trouvé % : N 6,79; C 63,24; H 6,40; calculé pour $C_{11}H_{13}O_3N$: N 6,76; C 63,76; H 6,28.

Ce composé fond avec décomposition par chauffage au bloc Maquenne aux environs de 160-165°, mais présente un point de fusion instantanée par projection à 199°. Si l'on en fond une quantité assez importante sur une lame de platine, on perçoit l'odeur de formaldéhyde formée par la décomposition. Sa solution alcoolique n'absorbe pas le brome et donne, cependant, une coloration vert olive avec le perchlorure de fer. Ces dernières propriétés méritent d'être soulignées, car il résulte d'autres recherches qui seront publiées ultérieurement, qu'il n'y a pas parallélisme, comme on était en droit de le supposer, entre l'action du brome et celle du perchlorure de fer. Ce dernier réactif peut donner une coloration alors même qu'il n'y a pas de forme énol présente dans le milieu (réaction négative avec le brome); il semble seulement indiquer un potentiel d'énolisation.

La préparation précédente conduit en raisonnant par analogie, à considérer le produit de Wülfing comme étant de l'ester méthylolacétylacétique, et non, comme il l'a cru, de l'ester méthylèneacétylacétique. La décoloration de l'eau de brome observée par cet auteur ne correspond, en réalité, qu'à des traces de produits de déshydratation; car, si l'on prend soin d'effectuer toute la condensation dans l'eau glacée et de chasser finalement l'éther à la température ordinaire dans le vide, le résidu n'absorbe plus du tout le brome. D'autre part, nous avons constaté que le même produit donne, avec le perchlorure de fer, une coloration jaune brun qui ne pourrait pas s'expliquer en l'absence d'atome d'hydrogène en α.

Par contre, le produit décrit par Gault décolore le brome et ne donne pas de coloration avec le perchlorure de fer. Gault en conclut, avec raison, qu'il a préparé l'ester méthylèneacétylacétique; mais, contrairement à ce qu'il pense, son produit n'est pas identique à celui de Wülfing.

Ajoutons enfin, que nous avons étendu la méthode de Wülfing au cas de l'ester cyanacétique et de la cyanacétanilide. On obtient, dans le premier cas, une huile visqueuse, indistillable et incristallisable et, dans le second, un produit solide légèrement coloré en jaune orangé (F_{inst} 228°) et dont l'analyse correspond à celle de la méthylolacétylacétanilide. Nous croyons donc, en raisonnant toujours par analogie, que l'huile visqueuse précédente est de l'ester méthylolcyanacétique. L'acétate de sodium se présente donc comme un catalyseur de choix pour la préparation de ces composés dont l'étude actuellement en cours fera l'objet d'une Note ultérieure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction des sels de pyridinium quaternaires par le borohydrure de potassium.* Note de M. **Jacques J. Panouse**, présentée par M. Charles Dufraisse.

La réduction des sels de pyridinium quaternaires par le borohydrure de potassium conduit, selon la nature du radical fixé à l'azote, à des dérivés N-substitués de l'*o*-dihydropyridine ou de la tétrahydropyridine.

On sait que les sels de pyridinium quaternaires (formule I) sont réduits par l'hydrosulfite de sodium en dérivés de l'*o*-dihydropyridine (formule II*a* ou II*b*). Il se forme transitoirement une coloration orangée spécifique ([1]). Cette réaction n'est cependant pas absolument générale et, même dans les cas favorables, elle est souvent infidèle. Ces inconvénients ont incité Karrer à utiliser pour cette réduction l'hydrure double de lithium et d'aluminium; à l'aide de ce réactif, il a pu réduire en dérivés *o*-dihydro les sels quaternaires de quinoléine et d'autres composés pyridiniques à noyaux condensés. « Les produits obtenus sont généralement plus purs et la réduction peut s'effectuer là où l'hydrosulfite ne donne aucun résultat. Un inconvénient réside dans le fait que l'hydrure de lithium et d'aluminium réduit en même temps, dans les corps soumis à son action, toutes les fonctions qui peuvent se laisser réduire » ([2]). En outre, avec $LiAlH_4$ on doit effectuer la réduction au sein d'un éther-oxyde; le sel quaternaire n'est pas soluble dans ce milieu et la réaction n'est souvent pas complète.

Il nous a semblé que l'on pouvait remplacer avantageusement $LiAlH_4$ par les borohydrures alcalins. Ceux-ci sont solubles dans l'eau, et leurs solutions sont relativement stables en milieu alcalin; de plus ce réducteur est plus sélectif que $LiAlH_4$. Déjà, en 1948, Martin B. Mathews ([3]) avait montré dans une courte Note que le borohydrure de sodium pouvait être substitué à l'hydrosulfite pour le dosage de coenzymes, mais que la réaction semblait être plus complexe qu'une simple réduction en dérivés *o*-dihydro.

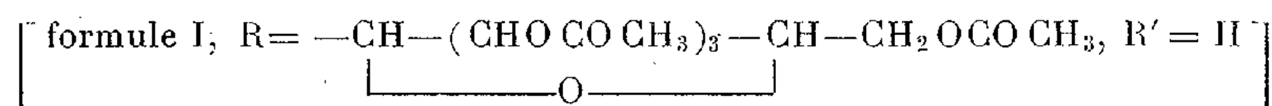
Dans nos recherches nous avons utilisé comme agent réducteur une solution de borohydrure de potassium (BH_4K) à 10 % dans la soude aqueuse. Lorsqu'on verse goutte à goutte ce réactif dans une solution d'un sel de pyridinium, quaternaire quelconque, il apparaît toujours une coloration orangée, assez stable en milieu fortement alcalin, mais très fugace en milieu peu basique. On observe ensuite un dégagement gazeux abondant et la coloration disparaît presque complètement.

([1]) P. Karrer et F. Benz, *Helv. Chim. Acta*, 19, 1936, p. 1028.

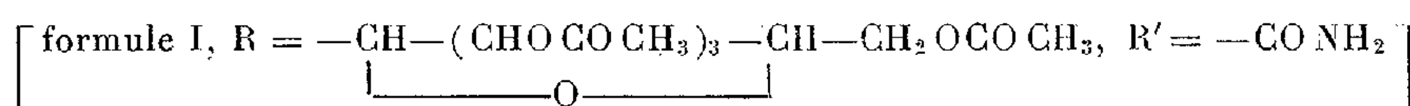
([2]) H. Schmid et P. Karrer, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 960; P. Karrer, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 907.

([3]) *J. Biol. Chem.*, 176, 1948, p. 229.

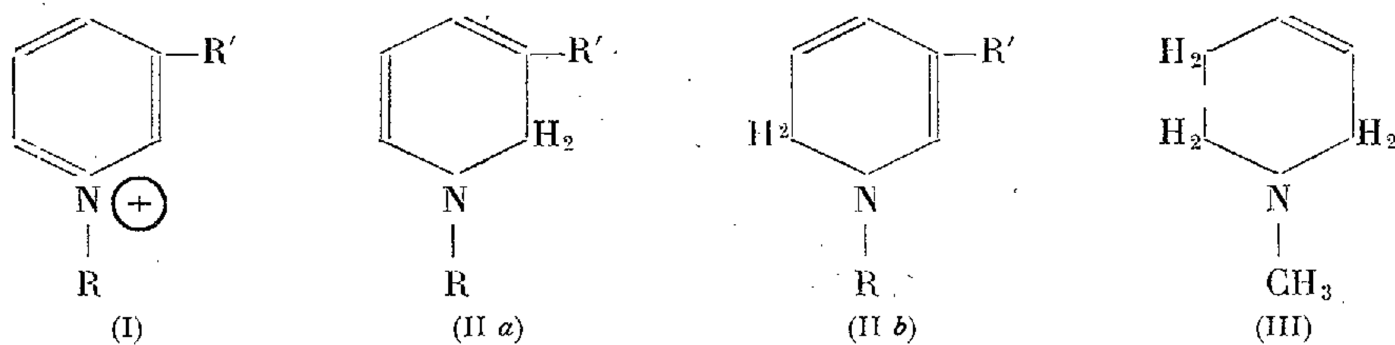
Nous avons tout d'abord réduit des sels de pyridinium quaternaires où R est un reste dérivé du glucose. Avec le bromure de tétraacétylglucosidylpyridinium



et avec le bromure de tétraacétylglucosidylnicotinamide



immédiatement après la décoloration, un précipité apparaît. On a ainsi obtenu avec un rendement quantitatif les dérivés *o*-dihydro bruts; ceux-ci, recristallisés de l'alcool et de l'eau, ont donné les N-tétraacétylglucosidyl-*o*-dihydropyridine (F 156°) et N-tétraacétylglucosidyl-*o*-dihydronicotinamide (F 163°) identifiées par fusion mélangée avec les produits de réduction des sels correspondants par $S_2O_4Na_2$, dont la structure est prouvée depuis longtemps ([4]). Toutefois les rendements en produits purs sont bien meilleurs par notre méthode.



Nous avons également traité par le borohydrure de potassium les iodométhylates de pyridine (formule I, $R = -CH_3$, $R' = H$) et de nicotinamide (formule I, $R = -CH_3$, $R' = -CONH_2$). Dans le premier cas, nous espérions préparer ainsi la N-méthyl-*o*-dihydropyridine, entrevue par A. W. Hofmann ([5]) en 1881. L'amine formée dans la réaction a été purifiée par entraînement à la vapeur d'eau et par distillation sous azote; nous avons ainsi obtenu un liquide, incolore s'il est fraîchement distillé, mais se résinifiant très rapidement à l'air (rendement : 65 %); la composition centésimale est la suivante : C 73,83, H 11,27, N 14,79. Elle diffère sensiblement de celle qui correspond à la formule C_6H_9N (C 75,79, H 9,48, N 14,73), mais s'accorde avec celle de la N-méthyltétrahydropyridine $C_6H_{11}N$ (C 74,17, H 11,41, N 14,42). Les constantes analytiques et celles des dérivés caractéristiques coïncident d'ailleurs avec celles données par R. Luckès ([6]) pour la N-méthyl-1.2.5.6.tétra-

([4]) P. KARRER, B. H. RINGIER, J. BUCHI, H. FRITZSCHE et U. SOLMSSEN, *Helv. Chim. Acta*, 20, 1937, p. 55.

([5]) *Ber. dtsch. Chem. Gesell.*, 14, 1881, p. 1490.

([6]) *Collection Czech. Chem. Commun.*, 12, 1947, p. 71.

hydropyridine (formule III) : É 112°5; iodométhylate F 270°; picrate F 201-202°. A partir de l'amine que nous avons isolée ($É_{760}$ 112°), nous avons préparé un iodométhylate F 278° et un picrate F 202° [Analyse : $C_6H_{11}N$, $C_6H_2(NO_2)_3OH$; calculé : C 44,17, H 4,33; trouvé : C 43,85, H 4,23]. D'autre part le composé isolé fixe deux atomes de brome en solution acétique pour donner un dibromure de pipéridine, dont le picrate fond à 169° [Analyse : $C_6H_{11}N$, $C_6H_2(NO_2)_3OH$; calculé : C 29,65, H 2,90; trouvé : C 29,82, H 2,91]. Enfin, le produit que nous avons préparé ne réduit pas le nitrate d'argent à froid, mais seulement à chaud, contrairement aux dérivés de l'*o*-dihydropyridine.

La réduction de l'iodométhylate de nicotinamide est plus complexe et, d'après les premiers résultats, il semble qu'on obtienne un mélange du dérivé *o*-dihydro et du dérivé tétrahydrogéné. Nous espérons prochainement élucider ce problème et nous comptons effectuer la réduction d'autres sels de pyridinium par BH_4K.

Tous les points de fusion ont été pris au bloc Maquenne (dispositif Köfler).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'α-azanthracènes à partir de la benzoisatine linéaire.* Note de M. **Alexandre Staehelin**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Préparation d'α-azanthracènes à partir de la benzo-5.6 isatine, par réaction de Pfitzinger avec des cétones α-méthyléniques et par réaction de Camps. Transformation en mésoquinones des corps obtenus.

La benzoisatine linéaire ou benzo-5.6 isatine, que nous avons décrite dans une Note précédente [1], est capable de donner les réactions générales des isatines. En particulier, on peut obtenir, par extension du cycle indolique, des benzoquinoléines linéaires ou α-azanthracènes. L'objet de cette Note est de décrire quelques-uns des dérivés ainsi obtenus.

I. La réaction de Pfitzinger (condensation des isatines avec les cétones α-méthyléniques en milieu alcalin) a donné des acides benzo-6.7-cinchoniniques, avec l'acétone, l'acétophénone, l'acide pyruvique. Elle se produit ici, avec des rendements de l'ordre de 80 à 85 %, en solution alcaline hydroalcoolique concentrée.

On a obtenu :

a. avec l'acétone, l'acide méthyl-2 aza-1 anthracène carboxylique-4, IV, ($C_{15}H_{11}O_2N$), prismes jaunes (acide acétique) F 327-329°.

b. avec l'acétophénone, l'acide phényl-2 aza-1 anthracène carboxylique-4, V, ($C_{20}H_{13}O_2N$), aiguilles jaunes (dioxane) F 282-283°.

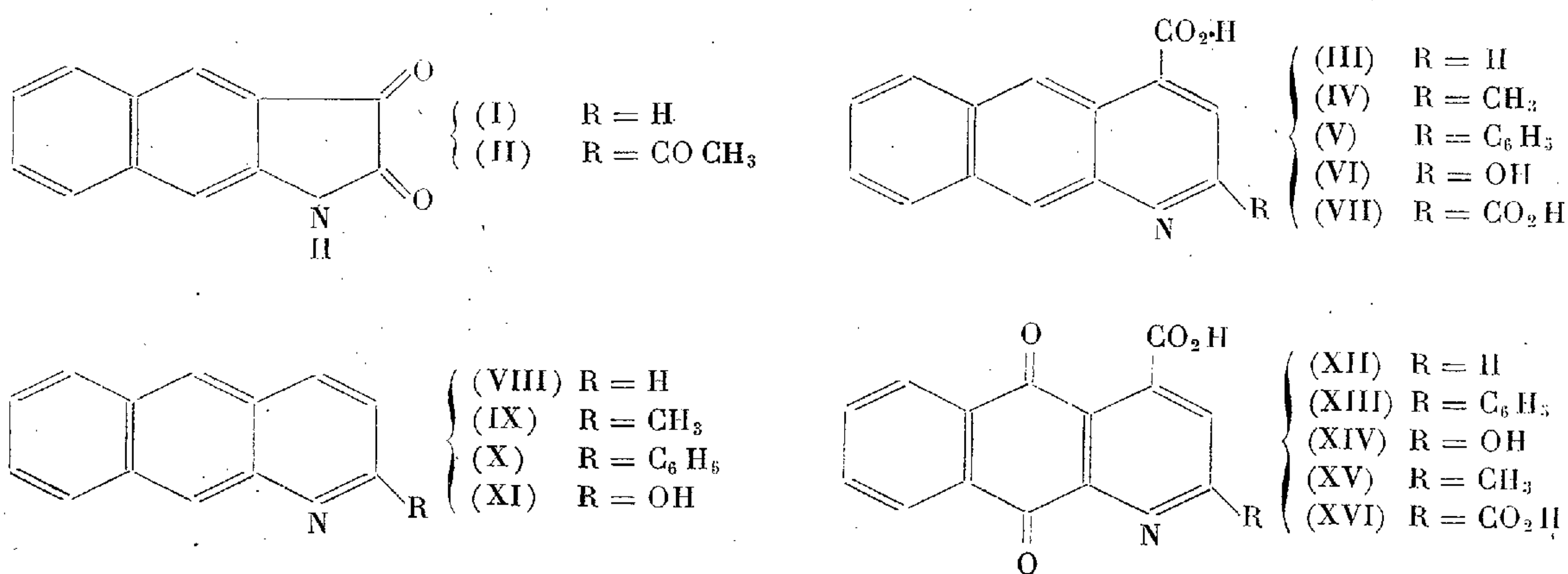
---

(1) A. Etienne et A. Staehelin, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1960.

c. avec l'acide pyruvique, l'acide aza-1 anthracène dicarboxylique-2.4, VII, ($C_{15}H_9O_4N$), aiguilles jaune orangé (dioxane) F 316-317°.

Ces trois acides sont peu solubles dans les solvants organiques. Leurs chlorhydrates sont solubles dans l'eau et l'alcool avec coloration rouge.

II. La réaction de Camps ([2]) (transformation d'une N-acétylisatine en hydroxy-2 quinoléine par chauffage en présence d'alcali dilué) a permis d'obtenir à partir du dérivé N-acétylé de la benzo-5.6 isatine, II, ($C_{14}H_9O_3N$) F 256-257°, l'acide hydroxy-2 aza-1 anthracène carboxylique-4, VI, ou la quinolone tautomère ($C_{14}H_9O_3N$), aiguilles jaunes (acide acétique), F 341-342°.



III. Par décarboxylation des acides précédents, nous avons obtenu les dérivés aza-1 anthracéniques substitués en 2 avec des rendements variant entre 45 et 60 %.

a. L'acide méthyl-2 aza-1 anthracène carboxylique-4, IV, en présence de chromite de cuivre, se décarboxyle sous vide vers 240° en méthyl-2 aza-1 anthracène, IX, ($C_{14}H_{11}N$), aiguilles incolores (sublimation) F 129-130° ($F_{litt.}$ 130°) ([3]);

b. L'acide phényl-2 aza-1 anthracène carboxylique-4, V, donne, sous vide à 280-285°, le phényl-2 aza-1 anthracène, X, ($C_{19}H_{13}N$), feuillets prismatiques jaune pâle (sublimation), F 192°,5-193°, déjà obtenu d'une autre manière ([4]);

c. L'acide aza-1-anthracène dicarboxylique-2.4, VII, subit, à 270-280° sous vide, une monodécarboxylation. On admet par analogie avec ce qui se passe dans le cas du benzologue inférieur, que le produit obtenu est

---

([2]) *Arch. Pharm.*, **237**, 1899, p. 687.

([3]) J. LINDNER et M. STAUFER, *Monatshefte f. Chem.*, **46**, 1925, p. 235.

([4]) A. ETIENNE, *Ann. Chim.*, **12**, 1, 1946, p. 15; *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 841; **219**, 1944, p. 622.

l'acide aza-1 anthracène carboxylique-4, III, ($C_{14}H_9O_2N$), aiguilles jaunes (acide acétique), F 321-322°.

Ce dernier, en présence de chromite de cuivre, donne vers 270° sous vide, l'aza-1 anthracène, VIII, identifié avec un produit déjà obtenu par une autre méthode ([4]). Au cours de la monodécarboxylation du diacide, VII, il se forme également un peu d'aza-1 anthracène; une *bis*-décarboxylation, par action brutale de la chaleur, donne aussi le dérivé VIII, mais avec de mauvais rendements.

d. L'acide hydroxy-2 aza-1 anthracène carboxylique-4, VI, par chauffage vers 370° (température bien au-dessus de son point de fusion) se décarboxyle en hydroxy-2 aza-1 anthracène, XI, ($C_{13}H_9ON$), aiguilles incolores (acide acétique) F 272-273°.

IV. L'oxydation chromique en milieu acétique de quelques-uns de ces acides a été faite. Elle a permis de préparer les acides quinoniques correspondants.

a. L'acide phényl-2 aza-1 anthracène carboxylique-4, V, donne l'acide phényl-2 aza-1 anthraquinone carboxylique-4, XIII, ($C_{19}H_{11}O_4N$), prismes jaune pâle (acétate d'éthyle), cuve verte, F 269-270°, déjà obtenu d'une autre manière ([5]).

b. L'acide aza-1 anthracène carboxylique-4 donne, dans les mêmes conditions, l'acide aza-1 anthraquinone carboxylique-4, XII, ($C_{14}H_7O_4N$), aiguilles jaune pâle (acide acétique), cuve violacée, F 356-357°, qui se décarboxyle en aza-1 anthraquinone.

c. L'acide hydroxy-2 aza-1 anthracène carboxylique-4, VI, s'oxyde de façon identique en acide hydroxy-2 aza-1 anthraquinone carboxylique-4, XIV, ($C_{14}H_7O_5N$), losanges jaune pâle (acide acétique), cuve rouge violacée, F 349-351°.

Ces acides mésoquinoniques sont peu colorés et sont très peu solubles.

Avec les acides IV et VII, l'oxydation est plus compliquée et n'a pas permis d'obtenir les quinones correspondantes, XV, XVI, avec des rendements convenables.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *L'évolution lagunaire en Camargue.* Note (*) de Mme **Lucien Razavet**, née **Christiane Duboul**, présentée par M. Charles Jacob.

Le comblement des étangs de Camargue se poursuit encore malgré l'endiguement des bras du Rhône dont les crues répandaient, il y a encore

([5]) A. Étienne, *Bull. Soc. Chim.*, **16**, 1949 M, p. 515.

(*) Séance du 2 juillet 1951.

un siècle, du sable et des limons sur de grandes surfaces autour des bras du fleuve.

Toutefois, ce colmatage se produit suivant un mécanisme très particulier, car il s'accompagne toujours d'une érosion des berges vaseuses et d'un agrandissement des étendues lagunaires marqué par la présence constante de microfalaises érosives au profil sans cesse rajeuni. Les rivages situés « au vent » se trouvent soumis à l'attaque des vagues et reculent, parfois rapidement. La faible profondeur des eaux facilite l'action de l'agitation; de grandes quantités d'éléments fins, remis en suspension, vont se déposer au centre des étangs; une partie importante peut être entraînée par l'écoulement des eaux vers d'autres lagunes plus littorales et même à la mer.

En bordure des côtes, l'évolution se complique. Les étangs, séparés de la mer par un faible rideau de dunes, subissent parfois un remblayage sablo-vaseux particulièrement rapide, dû, en grande partie, aux apports marins et aussi, *pro parte*, aux apports éoliens (étang de Sainte-Anne, étang de Beauduc, à l'Ouest du Vieux Rhône). Ce fait s'observe même au voisinage des plages en voie d'érosion (étang d'Icard), mais s'accompagne toujours cependant d'une érosion intense des microfalaises en recul vers le Nord.

Le fait tient sans doute à ce qu'en certains points du littoral, durant l'hiver, le niveau élevé des eaux, provoqué par les pluies, inverse le phénomène. Les vents du secteur Nord très violents (mistral) chassent vers la mer d'énormes masses d'eau qui s'écoulent lentement à travers les dépressions et notamment à travers l'ancien Grau de Galabert, vers la lagune de Beauduc et les plages au Sud de l'étang de Beauduc. Par une diminution progressive de leur capacité de transport, elles abandonnent, le long de leur trajet, l'excès des troubles dont elles sont chargées et recouvrent les dépressions de la basse plage d'une mince pellicule de vase qui devient le siège d'une intense activité biologique (Bactéries, Diatomées).

L'ensemble des pertes sédimentaires résultant de ces phénomènes ne sont pas compensées par les faibles apports résultant du déversement des eaux douces des rizières, car leur charge sédimentaire, acquise d'ailleurs en partie aux dépens des terres cultivées qu'elles ont irriguées, demeure faible et n'est constituée que d'éléments ultra-fins.

L'utilisation économique et agricole du delta a rendu indispensable l'endiguement du fleuve, mais semble devoir entraîner inéluctablement à longue échéance un abaissement du niveau moyen des terres et risque d'amener également un étalement dangereux de la zone salée, qu'un drainage souvent incomplet de la nappe phréatique reste impuissant à combattre avec efficacité. On peut penser que dans un avenir plus ou moins éloigné un plan de colmatage systématique du delta devra être mis sur pied.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *A propos de la notion de profil d'équilibre d'un cours d'eau.* Note de M. **Pierre Lapadu-Hargues**, présentée par M. Charles Jacob.

S'il est une notion absolument courante à propos de l'enseignement relatif aux phénomènes actuels, c'est celle du « profil d'équilibre », appliquée à un cours d'eau. On dit classiquement que le profil en long d'un cours d'eau doit plus ou moins se rapprocher « d'une courbe parabolique tangente au point le plus bas. Cette courbe schématique idéale a été appelée *profil d'équilibre*, ... » ([1]).

Un tel mot : équilibre, semble implicitement imposer que l'on atteindrait de la sorte une limite, un stade ou un idéal, et c'est contre cette conception statique du mot équilibre qu'il convient, je pense, d'élever quelques critiques. En effet, pour qu'un tel profil en long soit idéal et définitif, il faudrait qu'en absolu, aucune modification relative de cote n'ait lieu, c'est-à-dire en fait qu'il n'y ait aucun départ de matière le long de la vallée de la rivière. Or il est absurde d'imaginer qu'une masse d'eau, si minime fut-elle, animée d'un courant si faible soit-il, n'enlève pas un élément, si petit soit-il, du lit sur lequel il coule, ne serait-ce que par le simple jeu de la dissolution, réelle ou colloïdale, qui a toujours lieu, aucun corps n'étant rigoureusement insoluble. La seule condition est que le cours d'eau doit être *polarisé*, c'est-à-dire être animé d'un courant dirigé toujours *dans le même sens*.

Il s'ensuit que, sans arrêt, le cours d'eau aura tendance à user son lit, donc à abaisser la cote relative de chaque point de son cours, et que, dans son sens le plus strict, le vrai profil d'équilibre est en toute rigueur un plan horizontal, au niveau de base, soit non pas une *pénéplaine*, mais une *plaine* de côte O. A ce moment, le profil d'équilibre, au sens des mots *profil* et *équilibre*, sera réalisé; à ce moment, le cours d'eau ne sera plus « polarisé »; il n'y aura plus d'ailleurs cours d'eau.

Sans doute on objectera que le phénomène d'alluvionnement existe; mais on doit se souvenir qu'il doit toujours être considéré comme un phénomène local de *régularisation*. On ne peut pas échapper à la règle, à la constatation banale qu'à partir du moment où il y a un courant d'amont vers l'aval, il y a départ de matière dans cette direction.

Doit-on pour autant supprimer la notion intrinsèque de l'actuel « profil d'équilibre »? Non, car elle correspond à un stade intéressant dans l'évolution de la vie d'un fleuve. Mais sa désignation correcte pourrait être *profil de régularisation*.

([1]) Cité par E. de Martonne, *Traité de Géographie Physique*, Paris, 1909.

MÉTÉOROLOGIE. — *Prospection aérologique et observations sur la pluie.* Note de M. **Hubert Garrigue**, transmise par M. Charles Maurain.

Il se confirme : 1° Qu'un nuage à température positive peut se résoudre en pluie, naturellement ou artificiellement.

2° Qu'un nuage à température voisine de — 10°C peut se résoudre en aiguilles de glace.

L'observation des caractéristiques des nuages et des masses d'air est effectuée, comme précédemment, à partir, soit d'une station fixe (Puy de Dôme 1500 m), soit d'un point mobile (avion ou planeur du S. A. L. S.). Un dispositif provisoire permet, en vol, d'apprécier l'état d'ionisation de l'atmosphère, que l'on a coté de 1 à 3.

22 juillet 1950 : Avion. Région Aulnat (Clermond-Ferrand). 3 500 m, 0 °C. Voile fin de brouillard. Ionisation I. 3 900 m, — 5 °C, 4 600 m, — 3 °C, brouillard en surfusion, ondes (ascendances + 1,5 m : s).

26 juillet : planeur et station. Région du Puy-de-Dôme. Formation de gros cumulus avec ascendances de + 6 m : s du côté de la montagne exposé au vent. Ensemencement à la base du nuage avec 1500 g de poudre impalpable active (sels hygroscopiques) : apparition de rideaux de pluie au bout de 4 h.

1er septembre : Avion. Région du Puy-de-Dôme. 2 400 m, + 7 °C. Stratus d'onde, + 1 m : s. Formation de bruine au centre du tratus, petite pluie dans la partie descendante du stratus. Ionisation 3.

8 octobre : Avion. Région du Puy-de-Dôme-Cantal. Temps perturbé. Pluie fine abondante. La température la plus basse au sommet des nuages est de + 4 °C. Ionisation générale 3. Ionisation très faible dans certaines régions de pluie.

15 octobre : Avion et station. Région du Puy-de-Dôme. 2 900 m, 0 °C. Masses nuageuses abondantes : bruine épaisse après ensemencement d'une région de nuage.

17 décembre : Avion. Région Clermont-Ferrand. Calme. Ascendances de + 2 m : s sur la ville, jusqu'à 2 500 m d'altitude (supposé dues au chauffage artificiel de la ville). Ionisation 3.

3 février 1951 : Avion. Région Vichy-Sancy. 4 100 m, — 13 °C. Apparition d'aiguilles de glace en aval des voiles de nuages d'onde. Ionisation 3 [1].

18 mars : Avion. Région du Puy-de-Dôme. 5 900 m, — 20 °C, trois ondulations avec partie ascendante entre le Puy de Dôme et les monts du Forez [2].

---

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1003.

(2) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 507.

23 mars : Avion. Région Clermont-Ferrand. 4 050 m, 0 °C. 4 600 m, — 5 °C. Ondes (le 25 mars 1951, l'isotherme zéro descend à 200 m).

23 juin : Avion, Région Clermont-Ferrand. 4 300 m, — 7 °C. Pluie fine générale *en surfusion*. Ionisation 1.

On tire de ces observations les conclusions suivantes :

1° Les voiles de nuages se forment par ascendances d'onde. Ils peuvent se cumulifier : il y a alors turbulence.

2° Nous avons admis l'hypothèse que les noyaux de condensation jouent un rôle dans le cas d'apparition d'aiguilles de glace à l'intérieur de nuages en surfusion, de température voisine de — 10 °C (1). Nous avons montré que, dans ce cas, on avait décelé des noyaux radioactifs d'origine « atomique ». Il convient d'ajouter qu'il est peu probable que l'explosion atomique apporte autre chose que ces noyaux : en effet, les obstacles pulvérisés par l'explosion ne sont pas assez échauffés pour être inclus dans le nuage brûlant issu de l'explosion elle-même, qui s'élève à grande altitude et peut ainsi se propager à grande distance.

3° La pluie se forme fréquemment dans des nuages à température positive. Elle peut être déclenchée artificiellement, dans ces mêmes conditions, par ensemencement de poudre impalpable active. Nous croyons que, dans ces cas, la turbulence et la microturbulence doivent jouer un rôle important.

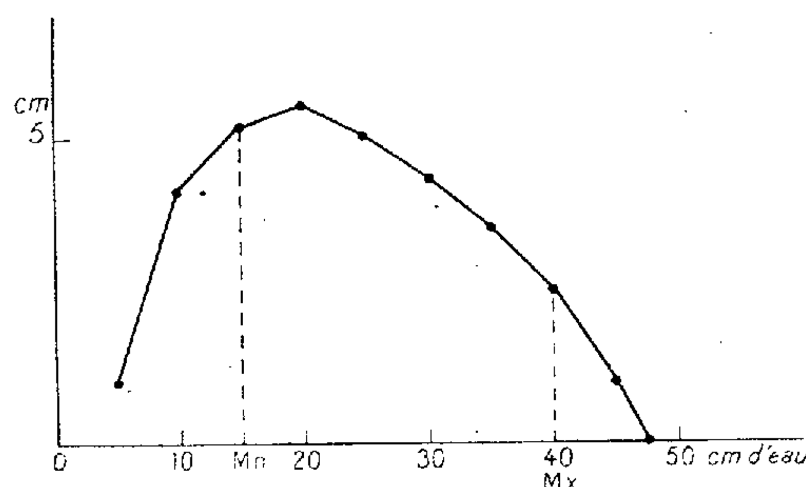
PHYSIOLOGIE. — *Sur une nouvelle méthode de mesure indirecte de la pression artériolaire*. Note (*) de MM. **André Lemaire, Jacques Loeper** et **Edouard Housset**, présentée par M. Léon Binet.

Dans une Note précédente (1) nous avons décrit le principe d'un appareil photosphygmographique qui fonctionne non pas par transmission, mais par réflexion et qui permet l'enregistrement optique des variations du flux sanguin cutané dans le territoire exploré, c'est-à-dire du pouls. Nous avons pensé qu'en étudiant grâce à cet appareil l'amplitude des pulsations en fonction d'une contre-pression variable et mesurable exercée sur la région explorée, en l'occurence l'extrémité d'un doigt, nous pourrions mesurer indirectement la pression du sang dans l'intérieur des vaisseaux. A cet effet, l'extrémité du doigt placée de telle façon que la face ventrale de la phalangette se trouve appliquée contre la cellule photo-électrique exploratrice est comprimée à volonté par un petit brassard pneumatique en relation avec un manomètre gradué en centimètres d'eau. On fait varier graduellement la contre-pression et l'on note pour chacune de ces valeurs l'amplitude des oscillations. Avec ces données il est donc possible

(*) Séance du 2 juillet 1951.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 98

de construire une courbe oscillométrique, exactement comme on le fait dans l'exploration artérielle des membres avec le sphygmomanomètre de Pachon. La courbe obtenue chez un sujet normal est du type suivant (*fig.* 1).



Courbe oscillométrique de pression artériolaire au niveau du doigt.
En abscisses, les contre-pressions; en ordonnées, l'amplitude des oscillations. La maxima (Mx) est de 40 cm d'eau, la minima (Mn) de 15 cm d'eau.

Elle nous permet de mesurer une pression maxima qui est celle qui correspond à l'apparition de la première oscillation différenciée quand on fait décroître la contre-pression. De même peut-on définir une pression minima (ce terme est employé dans le sens peut-être discutable mais courant que la pratique médicale a consacré). Elle correspond au point où la courbe oscillométrique s'infléchit brusquement lorsqu'on applique des contre-pressions décroissantes. Dans ces conditions nous avons trouvé chez l'Homme normal une pression maxima qui est de 40 à 50 cm d'eau et une pression minima qui se situe entre 10 et 15 cm d'eau. Or les nombres trouvés par Landis (²) qui a fait des mesures directes en ponctionnant les vaisseaux avec de très fines canules remplies d'une solution saline sont dans l'artériole de 32 mm de mercure pour la maxima et dans le capillaire de 20 mm de mercure. Nous nous croyons donc autorisés à admettre que notre appareil explore la circulation artériolo-capillaire de la peau et permet de mesurer d'une manière indirecte, commode et suffisamment exacte, les pressions maxima et minima qui règnent dans cette partie de l'arbre vasculaire.

PHYSIOLOGIE. — *L'efficacité des activateurs de la coagulation plasmatique étudiée à l'aide d'un diagramme probit/log dose.* Note de M. **Ivan Bertrand** et Mlle **Denise Quivy**, transmise par M. Léon Binet.

Parmi les diverses formules empiriques proposées pour l'étude de la coagulation sanguine, l'équation exponentielle dite de Fischer nous paraît être une

(²) *Heart*, 15, 1930, p. 209.

des plus intéressantes [1]. Traduite sous forme logarithmique, elle équivaut à une relation linéaire entre les log des temps de coagulation et les log des concentrations d'activateurs ou agents thrombocinétiques ajoutés au milieu. L'inscription directe des points expérimentaux s'effectue sur un papier adéquat [2] sans le secours d'aucune table, et l'ajustement « à l'œil » donne rapidement une ligne de régression tenant compte de l'ensemble des données. En pratique, cette ligne suffit, mais, si on le désire, sa formule analytique peut être déterminée exactement grâce à la méthode des moindres carrés.

Si avantageuse qu'elle soit, la formule de Fischer, purement empirique et ne reposant sur aucune donnée physiologique, ne convient pas pour aborder l'étude de certains problèmes complexes, tels que l'effet conjoint de deux ou plusieurs activateurs.

Voici la méthode imaginée par nous pour transformer en probits [3] les temps de coagulation déterminés suivant notre technique habituelle [4]. On cherche d'abord *le temps maximum* M de coagulation sans apport d'activateur, *et le temps minimum m* obtenu en présence d'une dose massive d'activateur. Puis on mesure les divers temps t correspondant à l'addition au plasma de quantités différentes d'agent thrombocinétique, choisies en progression géométrique. Ces temps sont assurément compris entre M et m, l'efficacité d'un coagulant étant, de toute évidence, d'autant plus marquée que le temps t s'écartera du temps M.

Il suffira alors d'évaluer l'effet différentiel $M - t$ par rapport à l'écart maximum $M - m$: on obtient ainsi l'*effet proportionnel* $(M - t)/(M - m)$, traduit d'abord en pourcentages, puis, après consultation des tables usuelles, en probits.

Les divers temps de coagulation obtenus *sur un même plasma* avec diverses doses de l'activateur considéré sont donc transformés en probits, ainsi que nous venons de le dire; et ces effets « normalisés » sont inscrits sur un graphique où figurent en abscisses les logarithmes des doses.

Le cas d'un plasma de chien, additionné de quantités variables de venin de Bothrops atrox [5], est ici reproduit à titre d'exemple (*figure*). La marche des calculs très simples effectués à partir des points expérimentaux t est indiquée dans le tableau suivant.

En général, on obtient un ajustement linéaire [6] extrêmement remar-

---

(1) Ivan Bertrand et D. Quivy, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 97.

(2) Papier à double échelle logarithmique.

(3) Consulter D. J. Finney, *Probit analysis*, Cambridge University Press, 1947.

(4) Ivan Bertrand et D. Quivy, *C. R. Soc. Biol.*, 137, 1943, p. 678-680.

(5) Nous devons ce produit au Docteur B. Jansky, Instituto Pinheiros, Sao Paulo (Brésil).

(6) Dans certains cas cependant, la présence dans le diagramme d'un ou de deux coudes indique une distribution asymétrique.

quable (*figure*); la méthode des moindres carrés permettra, éventuellement, de calculer les paramètres de cette ligne de régression.

Expériences du 12 *avril* 1951.

Temps minimum $m = 22$ s; temps maximum $M = 208$ s; $M - m = 186$.

Dose de venin (g).	Temps de coagulation (s).	Effet différentiel $M - t$.	Effet proportionnel — Pourcentage $\frac{M - t}{M - m}$ 100.	Effet proportionnel — Probit correspondant.
4.......	67	131	70,4	5,54
2.......	88	120	64,5	5,37
1.......	96	112	60,2	5,26
0,5.....	115	93	50,0	5,00
0,25....	123	85	45,7	4,89
0,12....	134	74	39,8	4,74
0,06....	152	56	30,1	4,48

En résumé, l'effet correspondant à un temps de coagulation t, compris entre le temps maximum M et le temps minimum m, est exprimé par le rapport $(M - t)/(M - m)$. Les effets proportionnels successifs, traduits en pourcentages

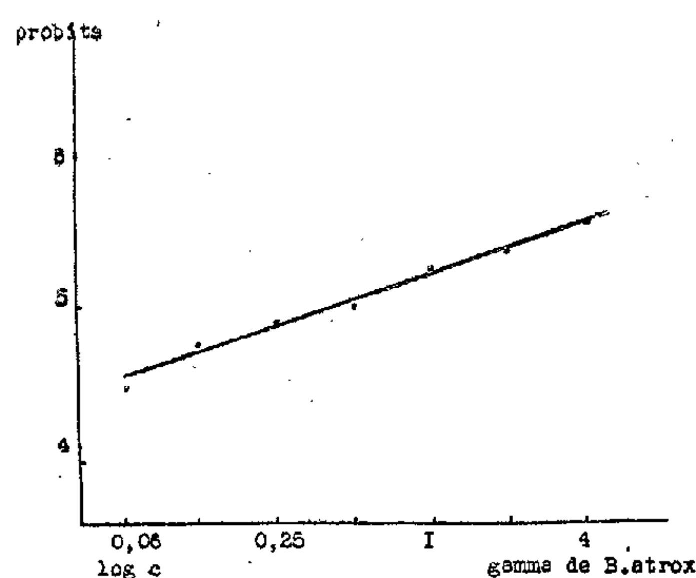


Diagramme probit/log dose se rapportant à un plasma de chien dont les temps de coagulation ont été déterminés en présence de doses géométriquement décroissantes d'un venin coagulant. (Bothrops atrox).

puis en probits, fournissent un diagramme probit/log dose remarquablement linéaire. Au cours de recherches ([7]) concernant l'effet conjoint des activateurs, une telle représentation s'est révélée fort avantageuse, tant au point de vue pratique que théorique.

([7]) Qui seront publiées incessamment.

ZOOLOGIE. — *L'Oviparité chez les Spongiaires.*
Note de M. **Claude Lévi**, transmise par M. Louis Fage.

La viviparité est actuellement considérée comme un phénomène général chez les Spongiaires. Si aucune exception à cette règle n'a pu être notée jusqu'à présent chez les Calcaires, on connaît en revanche, depuis longtemps un cas d'oviparité décrit par Nassonow chez l'éponge siliceuse *Cliona stationis* Nassonow, de la Mer Noire, unique cas reconnu et étudié. Cependant, de nombreuses observations de Topsent indiquent la présence d'œufs et l'absence corrélative d'embryons pendant la durée de la période de reproduction chez *Cliona celata* Grant, *Cliona vastifica* Hanc., *Timea hallezi* Tops., var. *crassa* Tops., *Polymastia mamillaris* (Müller), *Polymastia robusta* Bow., *Ficulina ficus* (Linné) et *Tethya aurantium* (Pallas), ce qui témoigne en faveur de l'oviparité chez ces diverses éponges Hadromérines, malgré trois découvertes d'embryons par Topsent et Burton, chez *Cliona lobata* Hanc., *Alectona millari* Carter et *Stylocordyla borealis* (Loven) *acuata* (Kirkp.).

Dans le but de vérifier l'hypothèse de l'oviparité chez les Hadromérines j'ai récolté aux environs de Roscoff, en septembre, une grande quantité de *Polymastia mamillaris* et de *Ficulina ficus*, espèces fréquentes, l'une sur les roches, l'autre dans les herbiers de la baie de Morlaix et qui, en période de reproduction au début de l'automne, sont bourrées de petits œufs jaunes répartis uniformément dans toute la masse du choanosome. Quelques *Ficulina ficus*, conservées en aquarium, ont évacué un certain nombre d'œufs, beaucoup d'autres se pressant encore dans les canaux exhalants; mais la maturation des ovocytes ne s'est pas achevée après leur émission dans l'eau et, non fécondés, ils n'ont pu évoluer. Des observations analogues ont été faites sur les ovocytes de *Polymastia mamillaris*, présents dans 50 % environ des échantillons récoltés.

L'observation récente d'une sortie d'œufs mûrs chez l'Halichondrine *Axinella damicornis* (Esper) permettait de supposer que d'autres Halichondrines pourraient être également ovipares. C'est ce qu'il m'a été possible de vérifier en récoltant des *Adreus fascicularis* Bow. dans la zone littorale profonde, au large de l'Ile de Batz. Les échantillons femelles contenaient des ovocytes dont la constitution et la disposition étaient à peu près identiques à celles des œufs de *Ficulina* et qui se trouvaient à tous les stades du grand accroissement. Ces œufs, lorsqu'ils ont atteint leur taille définitive, sont en effet, situés à l'intérieur de petites logettes ou dans les canaux, s'isolant, ainsi, du mésenchyme maternel. Les difficultés d'élevage de cette éponge ne m'ont pas permis de la conserver jusqu'à la ponte, mais je considère comme certaine l'oviparité chez cette

espèce, car, au cours des récoltes effectuées peu après, les *Adreus* ne renfermaient ni œufs ni embryons.

Malgré leur diversité de constitution, les ovocytes des trois éponges étudiées : *Ficulina*, *Polymastia* et *Adreus*, possèdent en commun trois caractères : petite taille, pauvreté relative en vitellus et plage périnucléaire de cytoplasme fin. Leurs faibles dimensions les rendent difficiles à apercevoir à l'œil nu et expliquent qu'ils soient si souvent passés inaperçus. Leur plus grand diamètre variant entre 50 et 75 μ est très nettement inférieur à celui des œufs des éponges vivipares; (les œufs d'*Halisarca dujardini* Johnst., à ma connaissance, les plus petits des éponges acalcaires, mesurent 100 à 120 μ de diamètre). Au contraire des éponges vivipares dont les œufs sont généralement localisés dans la partie basale au contact du support ou au centre, les éponges ovipares produisent des œufs en toute région à l'exception de la couche corticale ou périphérique et leur nombre est considérablement plus grand. Dans le cas de *Ficulina ficus*, la couche basilaire, au contact de la coquille contient toujours des gemmules qui coexistent ainsi avec les ovocytes.

Chez toutes les éponges vivipares dont j'ai pu étudier le début de l'oogenèse, les spermatozoïdes groupés en spermacystes sont visibles en plus ou moins grande abondance. Souvent même, ils coexistent encore avec les œufs mûrs ou les jeunes embryons. L'hermaphrodisme y est général et les quelques cas de gonochorisme signalés chez les Siliceuses par Schulze démontrent seulement que ses observations n'ont pas été assez échelonnées pour qu'il trouve des éponges contenant, à la fois, éléments ♂ et ♀. Cet hermaphrodisme est protandrique, mais les deux phases sexuelles se chevauchent.

En revanche, les éponges ovipares, même en début d'oogenèse ne renferment pas d'éléments mâles; on constate que les deux phases sexuelles sont largement décalées dans le temps et peut-être n'est-il pas déraisonnable d'admettre que les sexes sont ici séparés. Chez *Tethya aurantium* (Pallas), Dezsö a trouvé des échantillons ♂ un mois avant de trouver des spécimens ♀, ce qui confirme l'antériorité de la phase ♂ chez les Hadromérines, antériorité qui semble ainsi générale chez tous les Spongiaires. Parmi les nombreux échantillons de *Polymastia* récoltés en septembre, les 50 % d'individus non femelles ne renfermaient aucune trace d'élément ♂ et l'on peut présumer qu'ils avaient déjà évacué leurs produits génitaux, tandis que les individus ♀ étaient encore bourrés d'œufs.

Il est intéressant de remarquer que ces caractères de reproduction s'accordent avec la systématique, si l'on se base sur les sous-ordres des Monaxonellides tels que les avait conçus Topsent en 1928. Ainsi, les éponges appartenant au sous-ordre des Hadromérines sont pour la plupart ovipares, ce que suggérait déjà Minchin, en s'appuyant sur les observations de

Topsent. Les Halichondrines constituent un sous-ordre assez artificiel et hétérogène où sont groupées des espèces difficiles à classer; sa division en Axinellides, Astraxinellides et Bubarides répond au seul critère d'une spiculation très simple et mériterait d'être revisée. Il serait plus logique de grouper en Halichondridés les espèces à charpente halichondrioïde et vivipares, telles que *Halichondria* et *Hymeniacidon* et celles à charpente plus ou moins axiale, à port érigé et ovipares, telles qu'*Adreus* et *Axinella* (*Axinella crista galli* Maas, vivipare n'est sûrement pas une *Axinella*, mais plutôt une *Hymeniacidon*). Enfin, les Poecilosclerines et Haplosclerines sont exclusivement vivipares.

BIOLOGIE. — *Existence d'une corrélation humorale entre l'ovaire et le testicule de* Ciona intestinalis (*L.*). Note (*) de M. **Jean-Marie Pérès**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une précédente Note ([1]) j'ai signalé, d'après des expériences faites pendant l'hiver 1949-1950, que l'ovariectomie provoque, chez *Ciona intestinalis* (L.), une involution de la gonade mâle. De nouvelles expériences faites pendant l'hiver 1950-1951 ont confirmé les résultats déjà obtenus et m'ont permis d'étendre quelque peu ceux-ci.

Ces résultats généraux, qui feront l'objet d'un Mémoire détaillé peuvent être ainsi résumés :

1. L'involution du testicule consécutive à l'ovariectomie est conforme à celle précédemment décrite. Cependant, le laps de temps nécessaire pour obtenir le stade terminal de l'involution varie un peu selon l'état dans lequel se trouvait le testicule au moment de l'ovariectomie. Si celui-ci était au début de son évolution, le terme de l'involution est atteint rapidement (15 jours), alors que cette involution peut demander plus de 30 jours si le testicule de l'animal ovariectomisé était en pleine activité.

2. Il existe un cycle annuel de l'ovaire. L'intercycle, très bref pour les *Ciona* de Marseille (environ 1 mois), est variable suivant les individus, mais paraît se situer toujours entre le 15 novembre et le 15 janvier. L'ovaire en intercycle montre, d'une part quelques vastes lacunes avec les derniers ovules mûrs de la poussée précédente et, d'autre part, un épithélium ovarien pourvu seulement d'ovogonies de petite taille qui n'ont pas encore subi la phase d'accroissement conduisant aux ovocytes de premier ordre.

(*) Séance du 9 juillet 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1796.

En d'autres termes, l'ovaire en intercycle ne montre pas une gamme complète d'éléments depuis les gonies les plus petites jusqu'aux ovules, comme c'est le cas pendant tout le reste de l'année. Or, le testicule des *Ciona*, dont l'ovaire est en intercycle, montre un aspect analogue à celui présenté par les *Ciona* ovariectomisées et, en particulier, on y observe la production de cellules stériles par l'épithélium germinatif.

3. J'ai effectué sur des *Ciona* ovariectomisées depuis 8 à 20 jours des implantations, dans l'anse intestinale, d'ovaires prélevés sur d'autres individus. Dans la plupart des cas, les animaux ayant subi cette opération réagissent à l'égard de l'implantat comme à l'égard d'un corps étranger (lyse et phagocytose en 8 à 12 jours), et l'involution du testicule poursuit alors son cours comme en l'absence d'implantation. Une seule implantation a donné des résultats satisfaisants et montrait que, 12 jours après l'opération (20 jours après l'ovariectomie), le conjonctif périphérique de l'implantat s'était greffé sur le conjonctif périintestinal du porte-greffe. L'ovaire greffé, quoique dépourvu de connexions avec l'oviducte du porte-greffe, était macroscopiquement et microscopiquement absolument normal. Or, seule de toutes, cette *Ciona*, chez laquelle la greffe avait pris, a montré un testicule normal avec mitoses de maturation.

4. J'ai effectué, sur des *Ciona* ovariectomisées, des injections d'extrait aqueux d'ovaires frais prélevés sur d'autres *Ciona*. Ces injections étaient pratiquées à intervalles réguliers de 3 jours, dans le conjonctif de l'anse intestinale. Trois spécimens ont vécu assez longtemps (17, 20, 21 jours) pour être comparés aux individus témoins ovariectomisés, mais privés d'injections. Chez ces trois spécimens, j'ai observé un ralentissement indiscutable de l'involution du testicule et le maintien des mitoses de maturation (qui, chez les témoins, disparaissent certainement avant le 10e jour).

En résumé, l'état d'involution du testicule après ovariectomie ou dans l'intercycle ovarien; l'arrêt de cette involution par greffe réussie d'un ovaire; le ralentissement de cette involution par les injections d'extraits d'ovaires, sont trois faits qui plaident en faveur d'une influence humorale de l'ovaire sur le testicule, notamment en ce qui concerne le déclenchement des mitoses de maturation.

Le pouvoir mitogénétique de la sécrétion endocrine ovarienne est attesté, de façon accessoire, par le développement, chez un des individus ayant subi des injections, d'un ensemble de nodules tumoraux à cellules géantes et à figures caryocinétiques nombreuses affectant la glande pylorique au voisinage du point d'injection.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Observation au microscope électronique de la coagulation du lait par la présure.* Note de MM. **Charles-Albert Baud, Jean-Claude Morard** et **Émile Pernoux**, transmise par M. Albert Policard.

Il existe jusqu'ici peu de données sur les phénomènes morphologiques de la coagulation du lait; quelques auteurs seulement, comme A. Kreidl et A. Neumann ([1]), puis E. Hekma ([2]), ont suivi le processus à l'ultramicroscope et vu les particules de caséine, tantôt jointives, tantôt unies par de fins filaments, se disposer en séries linéaires.

Des observations plus complètes peuvent être faites au microscope électronique. Les préparations sont effectuées de la manière suivante. Du lait de Vache écrémé est dilué au quart avec une solution aqueuse de chlorure de calcium 0,01 M et porté à l'étuve à 37°; lorsqu'il a atteint cette température, on lui ajoute une faible quantité de solution diluée de présure et l'on agite brièvement; une goutte du mélange est étalée sur une lame de verre revêtue préalablement d'un film de collodion, et portée à l'étuve à 37° dans une boîte de Petri au fond de laquelle il y a un peu d'eau. La lame est retirée de l'étuve après un nombre plus ou moins grand de minutes, exposée aux vapeurs osmiques, puis séchée. Le film de collodion est ensuite détaché de la lame, monté sur le porte-objet du microscope électronique, ombré à l'or, et observé.

Les préparations fixées peu de temps après le début de l'action de la présure, sont semblables à celles de lait frais observées par H. Nitschmann ([3]) : les particules de caséine sont approximativement sphériques et disposées au hasard; les plus nombreuses ont un diamètre de 90 à 125 mμ; ces chiffres concordent avec ceux obtenus par ultra-centrifugation par T. F. Ford et G. A. Ramsdell ([4]). Un peu plus tard les particules s'alignent et se soudent les unes aux autres, parfois au début par l'intermédiaire d'un filament assez long. Puis les fibrilles noueuses ainsi formées s'accolent les unes aux autres en formant de petits faisceaux; dans chaque faisceau, les renflements des fibrilles, correspondant aux particules qui les ont formées, sont disposés au même niveau sur toute la largeur du faisceau. Enfin les faisceaux s'enchevêtrent et forment un réseau tridimensionnel lorsque la coagulation est terminée.

Ce mode de formation de fibrilles à partir de protéines globulaires semble

---

([1]) *Arch. ges. Physiol.*, 123, 1908, p. 523.
([2]) *Arch. néerl. Physiol.*, 7, 1922, p. 223.
([3]) *Helvet. chim. Acta*, 32, 1949, p. 1258.
([4]) *XIIe Congrès intern. Laiterie*, 2, 1949, p. 17.

assez général. Il a été observé lors de la transformation du fibrinogène en fibrine par C. V. Z. Hawn et K. R. Porter (5), et de l'actine globulaire en actine fibreuse par G. Rozsa, A. Szent-Györgyi et R. W. G. Wyckoff (6). Il est possible que des phénomènes du même genre se produisent dans le protoplasma, et représentent le substratum morphologique de la transformation réversible sol-gel; en effet, les micrographies électroniques de M. Bessis et M. Bricka (7) montrent de tels arrangements linéaires de particules submicroscopiques sphériques dans le cytoplasme des cellules sanguines.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Ovoculture du virus de l'hépatite contagieuse du Chien* (Fox encephalitis) *adapté au Furet*. Note (*) de MM. **Félix Lucam** et **Pierre Goret**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Dans des publications antérieures, nous avons démontré la sensibilité du Furet « français » au virus de l'hépatite contagieuse du Chien (1). C'est à partir du virus adapté au Furet que nous avons réussi l'ovoculture qui, à notre connaissance, a jusqu'ici toujours échoué.

Au départ, le matériel virulent est constitué par la rate d'un furet sacrifié à la période agonique de la maladie (souche Rubarth, 5e passage). L'organe est finement pulpé. La suspension à 30 %, en eau physiologique, est centrifugée, filtrée sur bougie Chamberland L 3 et le filtrat est inoculé dans le sac allantoïdien de l'embryon de Poulet âgé de 6 à 7 jours (2), à la dose de 0,2 cm³.

Dès le premier passage, 80 % environ des embryons meurent en moins de 96 h, la plupart en 36 à 48 h. Les passages ultérieurs sont conduits comme suit.

Les embryons morts, les enveloppes embryonnaires et les liquides amnio-allantoïdiens sont broyés. Une suspension à 1 pour 50 en eau physiologique est passée sur gaze stérile. Une partie de la suspension obtenue est filtrée sur bougie Chamberland L 3 et le filtrat inoculé à l'embryon, à la dose de 0,2 cm³, dans l'allantoïde. L'autre partie est inoculée telle quelle,

---

(5) *J. Exper. Med.*, 86, 1947, p. 285; 90, 1949, p. 225.

(6) *Bioch. Bioph. Acta*, 3, 1949, p. 561.

(7) *Arch. Anat. micr.*, 38, 1949, p. 190.

(*) Séance du 2 juillet 1951.

(1) P. Goret, L. Joubert et A. Buffet, *Bull. Ac. Fr.*, 23, 1950, p. 305; P. Goret, F. Lucam, L. Joubert et A. Buffet, *Bull. Soc. Sc. Vet. Lyon*, 1950 (sous presse); P. Goret et F. Lucam, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2230; P. Goret, F. Lucam, L. Joubert Ch. Flachat et A. Ott, *Bull. Ac. Vet. Fr.*, 1951 (sous presse).

(2) L'expérience échoue avec des embryons plus âgés.

dans les mêmes conditions, à d'autres embryons. A chaque passage, la même opération est répétée, en partant toujours des embryons morts à la suite de l'inoculation du filtrat.

A ce jour, nous avons réalisé ainsi 87 passages.

Au cours de ces passages, tous les embryons inoculés avec les suspensions non filtrées meurent très régulièrement en 24 à 36 h, en présentant de violentes lésions hémorragiques comparables à celles observées avec le virus de Carré. Ceux qui sont inoculés avec les filtrats donnent des taux de mortalité inférieurs, allant de 20 à 30 %. La mort est d'ailleurs retardée et ne survient qu'entre la 48e et la 60e heure. Ces écarts sont dus probablement au fait que les bougies retiennent plus ou moins de virus d'une suspension à l'autre.

La dose minima mortelle de virus de culture, pour l'embryon, déterminée d'une part, entre les 59e et 62e passages, et, d'autre part, entre les 80e et 82e, s'est montrée égale à 0,2 cm^3 d'une dilution, de virus non filtré, à 10^{-8}. Au 9e passage, le virus de culture reste pathogène pour le chiot, chez lequel il provoque la mort, avec des lésions hépatiques caractéristiques. Il demeure également pathogène pour quelques rares furets, jusque vers le 20e passage. La virulence est complètement abolie vers le 35e passage : à ce moment, tous les furets inoculés survivent. Soumis trois semaines plus tard à l'inoculation de virus homologue, adapté au furet, quelques sujets résistent à des doses d'épreuve particulièrement élevées. En revanche, aucun animal, survivant à l'injection du virus de culture de l'hépatite contagieuse, ne résiste à l'épreuve d'inoculation par le virus de Carré. Une immunité spécifique s'est donc développée dont il reste à déterminer les modalités d'appréciation et la valeur.

Si l'on compare ces résultats à ceux enregistrés pour l'ovoculture du virus de Carré [3], on note un comportement différent des deux virus.

1° L'inoculation première du virus de l'hépatite contagieuse à l'œuf embryonné se montre immédiatement mortelle. La mort de l'embryon ne survient qu'au deuxième passage avec le virus de Carré.

2° Le virus avianisé de l'hépatite contagieuse voit sa virulence, pour le furet, diminuer plus rapidement que celle du virus de Carré cultivé dans les mêmes conditions.

3° Si la virulence du virus non filtré est la même dans les deux cas, celle des filtrats est beaucoup plus grande pour le virus de Carré que pour celui de l'hépatite. Ce fait tient sans doute au comportement différent des deux virus au cours de la filtration.

Conclusion. — Le virus de l'hépatite contagieuse du Chien (*Fox encephalitis*), adapté au Furet, est cultivable sur embryon de poulet. Son

---

(3) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2230.

comportement est légèrement différent de celui du virus de Carré cultivé dans les mêmes conditions. Toutefois, comme pour ce dernier, sa virulence diminue au cours des passages, mais ses propriétés immunisantes spécifiques, pour le Furet, sont conservées dans des proportions qu'il reste à déterminer.

La séance est levée à 15 h 45 mn.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1951 (*suite*).

Les origines de la biologie expérimentale et l'abbé Spallanzani, par JEAN ROSTAND. Paris, Fasquelle, 1951; 1 vol. 18,5 cm (présenté par M. M. Caullery).

Traité de géodésie. Deuxième édition entièrement refondue, par PIERRE TARDI et GEORGES LACLAVÈRE. T. I. *Triangulations*. Fasc. I. *Les fondements mathématiques de la géodésie. Opérations sur le terrain*. Paris, Gauthier-Villars, 1951; 1 vol. 25 cm (présenté par M. D. Cot).

Réunion des astronomes voisins membres de l'Union astronomique internationale. Bruxelles 30 mai-3 juin 1950. *Communications*; 1 fasc. 26,5 cm.

A Description of the international council of scientific Unions and of the adhering international Unions. Reprinted from *Reports of Proceedings of the general Assembly of the International council of scientific Unions*. Vol. V. Published by International council of scientific Unions. Cambridge, England, 1951; 1 vol. 24,5 cm.

Cours de topographie, par MARCEL DEHALU. Paris et Liége, Librairie polytechnique Ch. Béranger; 1 vol. 24,5 cm.

Colonial Survey Committee. *Report of the Measurement of an arc of meridian in Uganda*. Vol. I. *Base measurement. Horizontal measures. Vertical measures. Geodetic values*. London, His majesty's stationery office, 1912; 1 fasc. 33 cm.

Carte générale et abornements des concessions minières du bassin de la Campine, par MARCEL DEHALU. Extrait des *Annales des mines de Belgique*. Ixelles-Bruxelles, Imprimerie Robert Louis, 1926; 1 vol. 23,5 cm.

Le laboratoire de photogrammétrie de l'Université de Liége. *Description, théorie et usage des appareils de prises de vues, du stéréoplanigraphe* C_5 *et de l'aéromultiplex Zeiss*. par MARCEL DEHALU et L. PAUWEN. Bruxelles, Hayez, 1938; 1 fasc. 29,5 cm.

Université de Liége. Institut d'astronomie et de géodésie. N° 2. *Géodésie. Observations astronomiques faites à l'occasion de la mesure d'un arc équatorial de méridien en Afrique*, par MARCEL DEHALU avec la collaboration de L. HERMANS. Bruxelles, Hayez, 1926; 1 fasc. 29,5 cm.

Id. N° 1. — *Physique du globe. Nouvelle carte magnétique de la Belgique,* par MARCEL DEHALU et MARIE MERKEN. Bruxelles, Hayez, 1931 ; 1 fasc. 29,5 cm.

Id. — *La gravimétrie et les anomalies de la pesanteur en Afrique orientale,* par MARCEL DEHALU. Bruxelles, Hayez, 1943 ; 1 fasc. 29,5 cm.

Id. II. — *Déterminations de la déclinaison et de la composante horizontale de la force magnétique à l'aide du théodolite-boussole d'Abbadie-Mascart,* par MARCEL DEHALU. Extrait des *Mémoires de la Société royale des sciences de Liége.* Troisième série. T. II, 1900 ; 1 fasc. 27 cm.

Id. VI. — *Observations magnétiques,* par MARCEL DEHALU. Bruxelles, Hayez, 1906 ; 1 fasc. 24,5 cm.

Id. N° 11. 1926. — *Sur une loi de gravitation analogue à celle d'Einstein,* par MARCEL DEHALU. N° 14. 1926. *Les récents progrès du magnétisme terrestre,* par MARCEL DEHALU N° 61. 1931. *Observation de l'éclipse totale de Lune du 2 avril 1931, à Cointe,* par MARCEL DEHALU et J. PAUWEN. N° 79. 1931. *Éclipse lunaire du 26 septembre 1931 observée à Cointe,* par MARCEL DEHALU, J. PAUWEN et WINAUD. N° 51. 1931. *La mesure du 30e méridien à travers l'Afrique,* par MARCEL DEHALU. N° 8. 1932. *Quelques études géophysiques à entreprendre dans notre Colonie,* par MARCEL DEHALU. N° 100. 1932. *L'année polaire et la création d'une station magnétique temporaire au Congo belge,* par MARCEL DEHALU. Bruxelles, Hayez ; 7 fasc. 25 cm.

Extraits des *Mémoires de la Société royale des sciences de Liége.* N° 4. 1942. *Théorie du niveau de Wild,* par MARCEL DEHALU. Nos 6 et 7. 1949. *Confrontation des méthodes de Pearson et Charlier à propos d'une expérience d'Arne Fisher,* par MARCEL DEHALU ; 2 fasc. 25 cm.

Le tracé d'une méridienne par une hauteur de la polaire, par MARCEL DEHALU, in *Revue universelle des mines,* T. LVI, 1901 ; 1 fasc. 25 cm.

Notice sur le nivellement de précision, par MARCEL DEHALU, in *Bulletin scientifique* de l'Association des élèves des écoles spéciales de Liége. Liége, Imprimerie liégeoise, 1901 ; 1 fasc. 22 cm.

La méthode photo-topographique, par MARCEL DELAHU. Extrait des *Nouvelles annales de la construction.* Anvers, Imprimerie Kennes, 1905 ; 1 fasc. 22,5 cm.

Exposé des travaux géodésiques et topographiques entrepris pour l'exécution de la carte officielle de la Belgique. Anvers, Imprimerie Kennes, 1907 ; 1 fasc. 22,5 cm.

(à suivre.)



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JUILLET 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **LOUIS DE BROGLIE** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de JACQUES NICOLLE intitulé : *La symétrie et ses applications*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **LINUS PAULING** adresse à l'Académie la traduction en français, par **RENÉ PÂRIS**, de son Ouvrage intitulé : *Chimie générale. Introduction à la Chimie descriptive et à la Chimie théorique moderne*.

CORRESPONDANCE.

M. **GODOFREDO GARCIA**, Président de la « **ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES** » **DE LIMA** adresse à l'Académie les condoléances de cette Compagnie à l'occasion du décès de M. *Élie Cartan*.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Champignons comestibles* (*Fungi edules*), par GUILLERMO HERTER.

2° *Electron microscopic histology of the heart*, par BRUNO KISCH et Mlle JOAN M. BARDET.

3° *NPL. Jubilee book of the National Physical Laboratory*, par JOHN LANGDON-DAVIES.

ÉLASTICITÉ PLANE. — *Sur certaines intégrales de contour invariantes dans une éprouvette de photoélasticimétrie.* Note (*) de M. **François Teissier du Cros**, présentée par M. Joseph Pérès.

La section médiane de l'éprouvette est une aire **A** qui peut avoir des lacunes, A est alors à connexion multiple. L'éprouvette est soumise, sur son ou ses contours, à des forces extérieures connues qui se font équilibre. Les éléments N_1, N_2, T_3 de la contrainte sont tous connus sur les contours, grâce aux mesures mécaniques et optiques.

En un point m, de coordonnées rectangulaires x, y, *intérieur à* A, *le résultat des mesures optiques de biréfringence se résume en disant qu'elles font connaître la quantité complexe*

$$2M(x, y) = N_1 - N_2 - 2iT_3 = R e^{-i\alpha}.$$

R est le rayon du cercle de Mohr ou cisaillement principal :

$$2R = [(N_1 - N_2)^2 + 4T_3^2]^{\frac{1}{2}}.$$

Il est fixé par la cote isochromatique en m.

D'autre part, si θ est l'inclinaison des polariseurs qui amène une isocline en m, l'équation $2\,\mathrm{tg}\,\alpha = 2T_3/(N_1 - N_2) = \mathrm{tg}\,2\theta$ donne α à un multiple de π près, mais cette ambiguïté touchant le signe de T_3 est levée par une compensation de la biréfringence, les directions principales en m étant connues.

Après avoir fait les mesures précédentes en des points m assez rapprochés on pourra regarder $M(x, y)$ comme connue dans toute l'étendue de l'éprouvette.

Nous allons indiquer *certaines intégrales de contour, qui portent sur* M *et son gradient, et sont des invariants topologiques* (chacun peut être scindé en deux invariants réels). Elles sont données par les formules (5) à (9) ci-dessous.

On a vu (¹) qu'un champ élastique sans force de masse possède deux fonctions $p(z)$, $q(z)$, de la variable complexe $z = x + iy$, à *dérivées holomorphes* $p'(z)$, $q'(z)$, telles que

$$(1)\qquad N_1 + N_2 = 8\,\mathrm{R\acute{e}}.\,p(z),\qquad M(x, y) = 2q'(z) - 2\bar{z}\,p'(z),\qquad \bar{z} = x - iy.$$

Les dérivées partielles de $M(x, y)$ se déduisent de celles de

$$(2)\qquad \nu(z, t) = 2(q' - tp')$$

où t est une variable indépendante de z, voisine de $\bar{z}$, par les règles

$$(3)\qquad \frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial t},\qquad \frac{\partial}{\partial y} = i\frac{\partial}{\partial z} - i\frac{\partial}{\partial t}.$$

(*) Séance du 18 juin 1951.

(¹) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 224.

On a, par exemple,

$$(4)\quad \frac{1}{4}\frac{\partial(N_1-N_2)}{\partial x}+\frac{1}{2}\frac{\partial T_3}{\partial y}+\frac{i}{4}\frac{\partial(N_1-N_2)}{\partial y}-\frac{i}{2}\frac{\partial T_3}{\partial x}=\frac{1}{2}\frac{\partial M}{\partial x}+\frac{i}{2}\frac{\partial M}{\partial y}=\left(\frac{\partial \nu}{\partial t}\right)_{t=\bar z}=-2p'(z).$$

1° Soit $m_1(x_1, y_1)$ un point de A, C la *circonférence* d'un cercle de centre m_1, rayon r, complètement *intérieur* à A, ω l'angle polaire du point courant de C, posons

$$(5)\qquad I(C)=\int_C M(x, y)\,dz=\int_0^{2\pi} M(x_1+r\cos\omega,\ y_1+r\sin\omega)\,re^{i\omega}\,i\,d\omega.$$

D'après (1) $I(C)=-4i\pi r^2p'(z_1)$; comparons avec (4), il vient

$$(6)\qquad -\frac{i}{\pi r^2}I(C)=\frac{\partial M}{\partial x_1}+i\frac{\partial M}{\partial y_1}.$$

Le premier membre est donc indépendant du rayon r. (6) donne un *moyen de calculer le gradient de* M en m_1 avec une certaine précision.

Soit lm un arc issu d'un contour, calculons l'intégrale I autour de points m_1, m_2, ... assez rapprochés sur lm, nous pourrons ainsi évaluer l'intégrale

$$p(m)-p(l)=\int_{lm} p'\,dz$$

et, partant, *calculer la somme des tensions principales* en m, qui se relie à $p(m)$ par (1). Tous les éléments de la contrainte sont alors déterminés en m.

2° Nous savons que $p(z)$ est holomorphe de z dans A, quand *l'état initial de l'éprouvette est neutre*. Soit Γ un *contour* simple fermé intérieur à A, à tangente continue, qui limite une portion de plan B (où peuvent se trouver des lacunes de A). On a, d'après cette remarque et (4),

$$(7)\quad J_1^1(\Gamma)=2\int_\Gamma\frac{\partial\nu}{\partial t}\,dz=\int_\Gamma\left(\frac{\partial M}{\partial x}+i\frac{\partial M}{\partial y}\right)(dx+i\,dy)=0,\qquad \text{quel que soit }\Gamma.$$

Choisissons $\varphi(z)$ holomorphe dans $B+\Gamma$, on a aussi

$$(8)\qquad J_\varphi^1(\gamma)=\int_\gamma\left(\frac{\partial M}{\partial x}+i\frac{\partial M}{\partial y}\right)\varphi(z)\,dz=\text{const.}.$$

lorsque le contour γ varie continûment à partir de la position Γ sans sortir du domaine E, commun à A et B.

Enfin la combinaison $\nu(z, t)-t(\partial\nu/\partial t)=2q'(z)$ est holomorphe de z [sans que $q(z)$ le soit en général], de sorte que

$$(9)\ J_1^2(\gamma)=\int_\gamma\left(\nu-t\frac{\partial\nu}{\partial t}\right)dz=\int_\gamma\left[M(x, y)-\frac{1}{2}(x-iy)\left(\frac{\partial M}{\partial x}+i\frac{\partial M}{\partial y}\right)\right](dx+i\,dy)=\text{const.}$$

lorsque γ varie dans E.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'absorption continue par la matière interstellaire* (1).
Note de M[lle] **Lucienne Divan**, présentée par M. André Danjon.

1. L'étude quantitative de l'absorption continue interstellaire se déduit de la comparaison des spectres continus de deux étoiles de même type, dont l'un a été affaibli par cette absorption. Les propriétés de la matière absorbante apparaissent *a priori* d'autant mieux que l'absorption a été plus forte. Il est donc utile de pouvoir observer le spectre d'étoiles faibles.

L'un des spectrographes actuellement en usage à l'Institut d'Astrophysique (2) permet d'atteindre aisément la magnitude 8 lorsqu'on l'associe au télescope de 80 cm de l'Observatoire de Haute-Provence. Mais sa dispersion étant faible (3,8 mm de H_β à H_ε; 15 mm de H_α à 3150 Å), il était utile de déterminer au préalable la précision qu'il fournit dans des recherches de cette nature. Nous avons repris, dans ce but, la comparaison de ζ et ε Persei qui a déjà été faite avec beaucoup de soins par divers auteurs et, en particulier, par Kienle (3). Les deux spectres à comparer étaient photographiés sur la même plaque au cours de la même nuit et l'on en déduisait les valeurs de $\log I_{1\lambda}/I_{2\lambda}$ (où $I_{1\lambda}$ et $I_{2\lambda}$ représentent respectivement les intensités des spectres continus de ε et de ζ Per pour un même λ) pour 50 longueurs d'onde réparties entre 6500 et 3150 Å. La même mesure a été faite 16 fois et un graphique a été tracé donnant la variation en fonction de $1/\lambda$ de la valeur moyenne obtenue pour chaque $\log I_{1\lambda}/I_{2\lambda}$. La courbe ainsi déterminée (qui permet de définir le gradient de ε Per par rapport à ζ Per) est en accord excellent avec celle de Kienle : elle présente, en particulier, la même courbure très nette dans la région des grandes longueurs d'onde; du bleu à l'ultraviolet les points s'alignent sur deux portions de droites sensiblement parallèles dont la pente commune définit un gradient de — 0,45; ces droites sont décalées entre elles de 0,014, différence des discontinuités de Balmer des deux étoiles.

2. L'existence de cette discontinuité montre que ε et ζ Persei ne sont pas de même type et la classification de Yerkes (4) donne en effet pour ε Per le type B 0,5 III et pour ζ Per, B 1 I_b. La comparaison entre ces deux étoiles était justifiée par le fait connu que la température de couleur varie très lentement en fonction du type spectral et de la luminosité au voisinage

(1) Les observations correspondantes ont été faites à l'Observatoire de Haute-Provence et à la Station scientifique du Jungfraujoch.

(2) D. Chalonge, *l'Astronomie*, 65, 1951, p. 91.

(3) *Zeitschrift für Astrophysik*, 20, 1940, p. 13. La longueur entre H_β et H_ε des spectres qu'il utilisait variait de 11 à 20 mm.

(4) W. W. Morgan, P. C. Keenan et E. Kellmann, *An Atlas of Stellar Spectra* (*Univ. of Chicago Press*).

des types considérés. Il serait néanmoins plus correct de comparer ζ Per à une étoile non rougie ayant exactement le même type, telle que ρ Leo classée également B 1 I_b.

La comparaison a été faite sur quatre couples de spectres de ces deux étoiles pris dans les mêmes conditions (même nuit, même distance zénithale). La courbe obtenue est très voisine de la précédente : elle présente la même courbure dans la région de grand λ; mais au-dessous de 5000 Å, les points s'alignent sur une droite unique, les discontinuités de Balmer des deux étoiles étant égales. Le gradient défini par la pente de cette droite est légèrement différent du précédent et égal à — 0,39; son ordre de grandeur n'a donc pas changé, mais la précision des mesures semble assez grande pour que l'on puisse considérer cette variation comme réelle : ce deuxième gradient définit plus correctement la loi de variation de l'absorption.

L'étude précise de l'absorption interstellaire exige donc que les étoiles comparées soient identiques.

3. L'étude présente et celle, actuellement en cours, d'autres couples d'étoiles (rougie et non rougie), montrent que la variation de gradient de part et d'autre de la discontinuité de Balmer est nulle ou très faible (5).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une définition de la température et les lois de la dilatation.* Note (*) de M. **Jésus Marie Tharrats Vidal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étant donné un tétraèdre de points unis et un nombre k pour chaque milieu anisotrope, nous avons vu comment nous pouvons connaître les trajectoires et aussi le mouvement de tous ses points (1) et (2). La détermination de l'évolution est indépendante de la connaissance de la mesure et du temps, car la connaissance d'une variable projective sur un réseau de Möbius suffit.

Soient deux corps C_1, C_2, qui ont des mouvements rectilignes et uniformes dans la même direction N. Chaque point P_i de C_1 décrit l'échelle $P_i\, P'_i\, P''_i \ldots P^{(n)}_i$ et chaque point P_k de C_2 décrit l'échelle $P_k\, P'_k\, P''_k \ldots P^{(n)}_k$; il existe une homologie qui a pour centre N, laquelle transforme les points $P^{(n)}_i$ avec les points $P^{(n)}_k$, ces deux espaces sont donc projectivement équivalents. Comme $P^{(n)}_i$ et $P^{(n)}_k$ matérialisent les *temps naturels* des corps C_1 et C_2, l'espace abstrait qui donne ces modèles au moyen du groupe des similitudes, est le temps abstrait.

(5) Contrairement à ce qu'avaient indiqué Barbier et Chalonge (*Annales d'Astrophysique*, 4, 1941, p. 30).

(*) Séance du 9 juillet 1951.

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2397.

(2) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 24.

Pour trouver l'équation du mouvement du corps C_2 par rapport au corps C_1, il suffit de défaire cette projectivité, ce qui donne (en prenant $\overline{P_i P_i^{(n)}} =$ temps $= t$)

$$\overline{P_k P_k^{(n)}} = A\, \overline{P_i P_i^{(n)}} + B = At + B = vt + B.$$

Nous allons voir (conservant l'analogie de l'expansion des cristaux avec les mouvements uniformes), comment on peut étendre ce résultat.

Dans un corps anisotrope les trajectoires sont formées par les droites d'un complexe tétraédral et la température naturelle est matérialisée par les points d'une de ces droites. Il existe une homographie générale qui superpose les sommets des tétraèdres; et de plus s'il est vérifié que $k = k'$ (k, $k' =$ constantes des complexes), il existe une homographie générale qui change les deux complexes, c'est-à-dire que les trajectoires de deux corps qui ont $k = k'$, et donc de tous les corps de même constante k, sont projectivement équivalentes.

L'espace abstrait qui donne ces modèles au moyen du groupe des projectivités générales sur la droite s'appelle *température abstraite* ou simplement *température*.

Soient deux corps qui ont le même k et donc du point de vue projectif deux corps formant le même complexe tétraédral. Supposons qu'on connaisse un état dans lequel les deux corps aient la même température, dans cette condition chaque point P de l'espace appartient aux deux corps et nous introduisons un nouveau postulat :

Postulat VI. — *Les deux corps ont toujours la même température quand les points* P_1 *et* P_2 *coïncident.* (*Ces points coïncident en* P *à l'état initial, et parcourent une trajectoire commune.*)

Par conséquent, mettre en contact thermique deux corps veut dire que les points P_1 et P_2 viennent à se confondre et donc il y a dilatation de l'un des corps et contraction de l'autre. Ce postulat nous donnera une loi de dilatation des corps ayant le même k, donc une loi pour les corps isotropes, du système cubique et du système quadratique (parce que le complexe dégénère). Comme il est très difficile d'admettre qu'il y ait beaucoup de températures abstraites, il est très probable que k est un nombre universel. *La température abstraite coïncide donc avec un réseau de Möbius généralisé abstrait.*

Si nous défaisons la projectivité qui identifie les tétraèdres du complexe, le postulat VI nous donne : si deux corps ont toujours la même température, toutes les séries décrites par les points de ces deux corps (avec $k = k'$) sont projectives entre elles.

Ainsi donc on a pour deux corps

$$(1) \qquad x = x_0 \frac{A\lambda + B}{C\lambda + 1}; \qquad y = y_0 \frac{A'\lambda + B'}{C'\lambda + 1},$$

mais comme pour $\lambda = 0$ on doit avoir $x = x_0$; $y = y_0$, on obtient

$$B = B' = 1. \tag{2}$$

d'où on en déduit

$$\frac{y}{y_0} = \frac{H\dfrac{x}{x_0} + I}{\mathcal{J}\dfrac{x}{x^0} + 1} \tag{3}$$

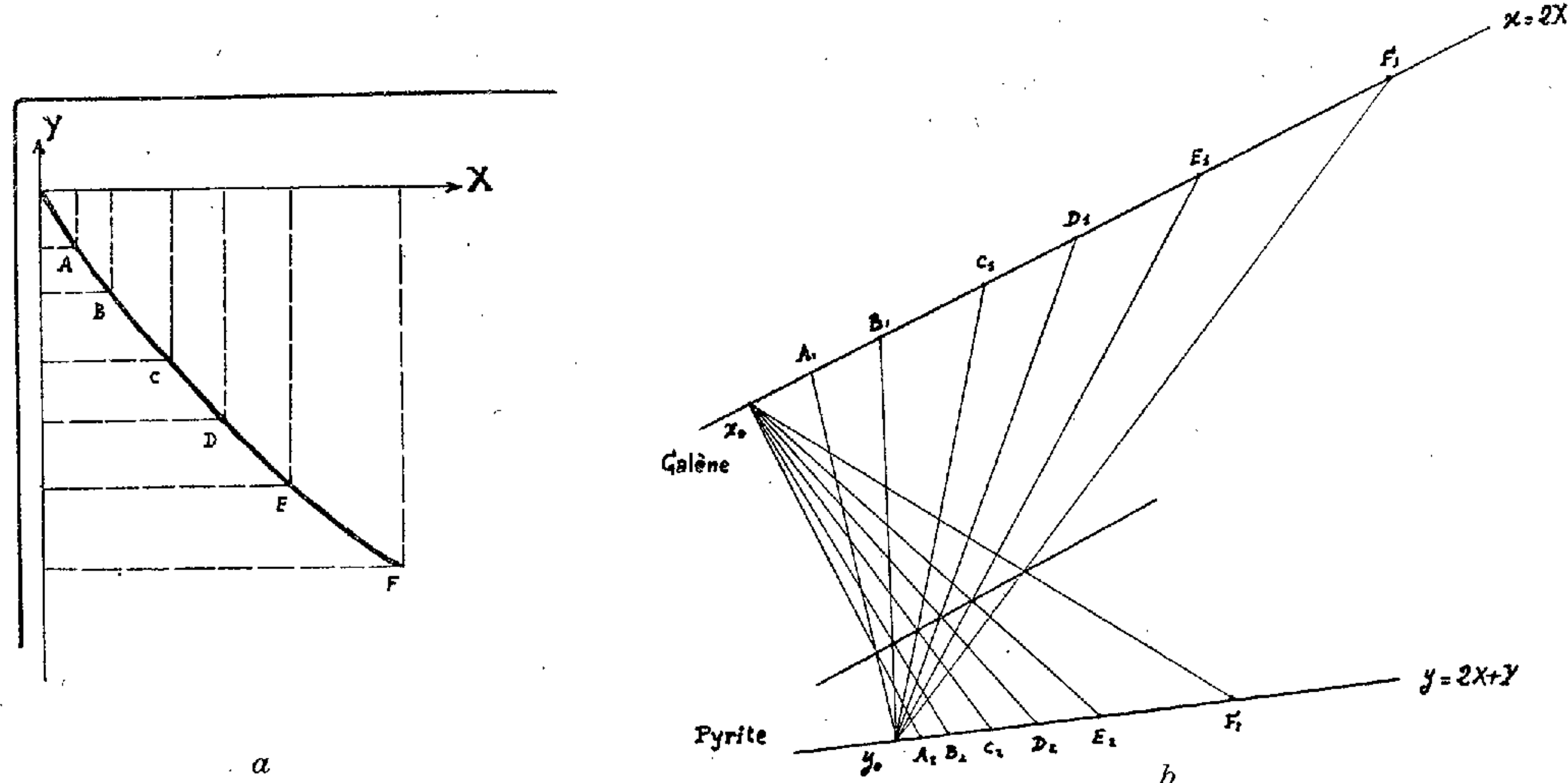
avec la condition $H + I = \mathcal{J} + 1$.

Lois de dilatation pour les milieux isotropes :

Unidimensionnelles : Loi (3); Surfaces : $S = \frac{1}{2}\int^{2\pi} y^2\,d\theta = S_0\left(\dfrac{H\dfrac{x}{x_0} + I}{\mathcal{J}\dfrac{x}{x_0} + 1}\right)^2$;

Volumes : $V = \frac{1}{3}\int_0^{4\pi} y^3\,d\omega = V_0\left(\dfrac{H\dfrac{x}{x_0} + I}{\mathcal{J}\dfrac{x}{x_0} + 1}\right)^3$.

Nous avons vérifié la loi (3) au moyen du dilatomètre de Chevenard avec différents cristaux du système cubique; voici le résultat pour la dilatation galène-pyrite.



a *b*

La figure *a* est le graphique donnée par le dilatomètre duquel nous pouvons déduire la dilatation augmentée des points des cristaux. On voit dans la figure *b* que les séries sont projectives.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Existence des solutions de l'équation opératorielle d'évolution.* Note (*) de M. **Roland Guy**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Montrons, sous certaines conditions, par une méthode d'approximations successives, l'existence de solutions de l'équation opératorielle de M. A. Visconti ([1])

$$\mathcal{U}(t, t_0) = \mathcal{U}^0(t, t_0) + \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau)\,\mathcal{U}(\tau, t_0)\,d\tau. \tag{1}$$

Multiplions les deux membres de (1), « à droite », par un élément initial X_0 ([2]). En posant

$$X(t) = \mathcal{U}(t, t_0)X_0, \qquad X^0(t) = \mathcal{U}^0(t, t_0)X_0,$$

(1) devient

$$X(t) = X^0(t) + \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau)\,X(\tau)\,d\tau, \tag{2}$$

équation intégrale à *noyau opératoriel*, analogue à une équation intégrale de Volterra. Nous dirons que (1) possède des solutions si (2) en a.

2. Nous supposerons que $\mathcal{F}$ est un opérateur linéaire, borné, il dépend des paramètres temporels t et τ et des variables d'espace q_i, non notées dans (1), l'intérêt de la théorie portant sur les variables temporelles. De plus $\mathcal{F}$ transforme toute fonction de carré sommable au sens de Lebesgue en fonction du même type. $X(t)$ est de carré sommable par rapport aux q_i sur tout l'espace Ω et à t sur l'intervalle $t_0 \leqq \tau \leqq t \leqq t_1$.

Si $\|X\| = \int_\Omega \overline{X}X\,dP$, désigne la norme d'un élément de l'espace de Hilbert on a

$$\left\| \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau)\,X(\tau)\,d\tau \right\| \leqq \int_{t_0}^{t} \|\mathcal{F}(t, \tau)\,X(\tau)\|\,d\tau. \tag{3}$$

Pour démontrer cela on part de l'inégalité suivante, appelant $Y(q_i, t, \tau)$ le transformé de $X(q_i, \tau)$ par $\mathcal{F}(t, \tau)$:

$$\left| \int_{t_0}^{t} Y(q_i, t, \tau)\,d\tau \right| \leqq \int_{t_0}^{t} |Y(q_i, t, \tau)|\,d\tau,$$

puis en élevant au carré les deux membres, intégrant sur tout Ω et intervertissant l'ordre d'intégration dans le deuxième membre, on obtient bien (3).

(*) Séance du 9 juillet 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1744.

([2]) J. L. Destouches, *Corpuscules et Système de corpuscules*, Paris, 1941, p. 155-293.

3. En posant

$$X^{(0)}(t)=X^{0}(t), \qquad X^{(1)}(t)=\int_{t_0}^{t}\mathcal{F}(t, x)\,X^{(0)}(x)\,dx=\int_{t_0}^{t}\mathcal{F}(t, x)\,X^{0}(x)\,dx,$$

$$X^{(2)}(t)=\int_{t_0}^{t}\mathcal{F}(t, x)\,X^{(1)}(x)\,dx, \qquad \ldots, \qquad X^{(n)}(t)=\int_{t_0}^{t}\mathcal{F}(t, x)\,X^{(n-1)}(x)\,dx, \qquad \ldots.$$

On montre :

a. que la série

$$X(t)=\sum_{j=0}^{\infty}X^{(j)}(t) \tag{4}$$

converge fortement. Pour cela, on remarque que $\mathcal{F}$ étant borné, on a

$$\mathcal{F}\,\|(t, x)\,X^{0}(x)\|\leq C\,\|X^{0}(x)\|\leq C \qquad [\|X^{0}(x)\|=1].$$

D'après l'inégalité (3) on a facilement $\|X^{(n)}\|\leq n(t-t_0)^n/n\,!$; en appliquant à p termes de (4) l'inégalité triangulaire généralisée ([3]), puis l'inégalité précédente, on obtient une série absolument convergente. On utilise alors le critère de Cauchy pour la convergence forte, ce qui démontre *a*.;

b. que (4) est bien solution de (2).

4. Avec les mêmes conditions que dans le paragraphe 2, on peut introduire des *opérateurs itérés* $\mathcal{F}^{(n)}(t, x)$ et un *opérateur résolvant* $\Gamma(t, x)$.

On peut poser après calculs les formules

$$\mathcal{F}^{(n+1)}(t, x)=\int_{x}^{t}\mathcal{F}^{(n)}(t, s)\,\mathcal{F}(s, x)\,ds=\int_{x}^{t}\mathcal{F}(t, s)\,\mathcal{F}^{(n)}(s, x)\,ds. \tag{5}$$

Soient les séries

$$\Gamma(t, x)=\sum_{j=1}^{\infty}\mathcal{F}^{(j)}(t, x), \tag{6}$$

$$\Gamma(t, x)\,X^{0}(x)=\sum_{j=1}^{\infty}\mathcal{F}^{(j)}(t, x)\,X^{0}(x). \tag{7}$$

Nous dirons que la série d'opérateurs (6) converge, si (7) converge en moyenne. On montre facilement par une méthode semblable à la démonstration de *a* que (7) converge.

On a aussi les relations opératorielles

$$\Gamma(t, x)-\mathcal{F}(t, x)=\int_{x}^{t}\mathcal{F}(t, s)\,\Gamma(s, x)\,ds=\int_{x}^{t}\Gamma(t, s)\,\mathcal{F}(s, x)\,ds. \tag{8}$$

Ces deux relations permettent de démontrer, par une méthode analogue à celle employée dans la théorie classique des équations intégrales, que si $X(t)$

([3]) G. Julia, *Introduction mathématique aux théories quantiques*, II, Paris, 1938.

est solution de (2), elle l'est aussi de

$$X(t) = X^0(t) + \int_{t_0}^{t} \Gamma(t, \tau)\, X^0(\tau)\, d\tau, \tag{9}$$

qui est la *solution explicite* de (2); inversement, $X(t)$ défini par (10) satisfait à (2).

Enfin, si $\mathcal{F}(t, x)$ n'est pas borné, mais que $\mathcal{F}^{(h)}(t, x)$ l'un de ses itérés est borné, la résolution de (2) se ramène à la résolution d'une équation intégrale de même espèce dont le noyau opératoriel est $\mathcal{F}^{(h)}(t, x)$ et inversement si $X(t)$ est solution de cette dernière équation, $X(t)$ est aussi solution de (2).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Problème particulier de transmissions de signaux.* Note de Mme **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Les pulsations nerveuses naturelles, provenant d'une fibre, ont été enregistrées. On a pu montrer leur analogie avec les oscillations de relaxation ([1]). Cela est en accord avec le schéma donné ([2]) de la propagation de l'influx nerveux le long d'un neurone, la dépolarisation de la surface du neurone provoquant la relaxation d'ions K^+ selon une fréquence propre.

2. Le passage d'un neurone à un autre neurone se fait à travers une zone de contact ou synapse. Les deux neurones forment avec la zone interstitielle un condensateur. La différence de potentiel entre les deux neurones engendre un champ uniforme. La différence de potentiel est maximum lorsque, par suite d'une excitation, le premier neurone est dépolarisé, puis il décroît linéairement, le second neurone se dépolarisant à son tour sous l'effet du champ. On obtient des courbes qui sont semblables à celles trouvées pour les différences de potentiel au contact telles qu'on les mesure dans l'effet Volta. Si un stimulus est sous-liminaire parce qu'il ne dépolarise pas suffisamment le neurone excité et que ce neurone reçoive d'autres stimuli dans des intervalles de temps assez courts pour ne pas se repolariser, le second neurone sera excité quand la dépolarisation du premier créera une différence de potentiel assez grande pour le dépolariser à son tour (propriété d'*additivité* du synapse).

3. Les signaux nerveux naturels émis par les organes des sens se transmettent de neurone en neurone avec relayages aux synapses jusqu'aux centres nerveux, carrefours polysynaptiques ayant des fonctions intégratives et distributives.

([1]) A. Fessard, *Année psychologique*, **32**, 1931, p. 83-88; A. Van der Pol, *Actualités scientifiques et industrielles*, **718**, 1938, p. 69-80.

([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 802 et 1741.

Il arrive à un neurone intra-cérébral ou à un ganglion des nerfs centripètes amenant des vibrations de vitesses différentes : les fibres les plus grosses étant les plus rapides.

Les enregistrements ([3]) de l'activité rythmique de ces centres au repos montrent des oscillations spontanées formant des trains d'ondes, superpositions d'ondes de longueurs différentes. C'est par cette activité rythmique autonome que les centres semblent avoir une action tonique sur tout le système afférent en dehors d'une excitation extérieure. En effet, lorsqu'on étudie les réponses rythmées de fibres nerveuses différentes, on enregistre des ondes du même type mais de fréquences différentes variant de 10 à 100 par seconde pour l'excitation musculaire ou sensible jusqu'à 1000 pour l'excitation sensorielle. Il apparaît donc que pour chaque fibre nerveuse, seules certaines vibrations sont transmises.

Cette transmission sélective présente des analogies avec celles des ondes électromagnétiques guidées ([4]). La théorie nous apprend, en effet, que dans un certain guide les seules vibrations réellement excitées sont celles contenues dans un petit intervalle spectral. L'espace annulaire qui entoure la fibre nerveuse et qui contient les résonateurs se conduit comme un milieu dispersif mais dans lequel n est égal à l'unité pour des fréquences très voisines de la pulsation propre ω_0 des résonateurs. La fibre nerveuse a donc les mêmes propriétés qu'un guide électrique pour cette fréquence. Les fibres nerveuses ont chacune une fréquence propre dépendante de $1/\chi$. La théorie des propagations guidées des ondes électromagnétiques nous donne une équation de propagation dont les solutions admettent des valeurs propres α_n. Il y a entre ces valeurs possibles et la section droite des guides, s'ils sont géométriquement semblables, la relation de similitude : $\alpha_n^2\, S' = \alpha_n'^2\, S$.

4. On peut comparer la courbe théorique de la propagation d'une perturbation brusque dans un guide électrique ([5]) aux enregistrements expérimentaux faits par M. A. Monnier ([6]) dans une étude approfondie de l'irritabilité nerveuse.

La courbe théorique donne les variations de la composante $y_{(t)}$ du champ électrique en un point du guide avec un certain facteur λ tel que pour $\lambda = 0$, $y_{(t)}$ est une droite, puis pour des valeurs croissantes de λ, $y_{(t)}$ de courbe apériodique devient périodique jouant le rôle de filtre passe-haut.

([3]) A. Fessard, *Revue scientifique*, **3232**, 1944, p. 222, *fig.* 6 et 7.

([4]) L. de Broglie, *Problèmes des propagations guidées des ondes électromagnétiques*, Gauthier-Villars, Paris, 1951.

([5]) M. Cotte, *Annales des télécommunications*, 1946, p. 51.

([6]) *Colloque international de Physiologie*, 1949, p. 260.

Ce sont des courbes analogues qu'obtient M. A. Monnier en faisant décroître le facteur d'amortissement d'une fibre nerveuse. Les vibrations sont d'abord complètement amorties, puis le neurone reprend son activité rythmique pour une fréquence caractéristique qui est l'analogue d'une fréquence de coupure.

Les fibres nerveuses sont semblables à des filtres passe-bande ne laissant passer qu'une bande plus ou moins étroite de fréquences comprises entre deux fréquences limites. Les propriétés sélectives des centres peuvent se traduire ainsi : quand un nerf centripète transmet au centre un signal suivant un certain mouvement vibratoire, si celui-ci est composé de la superposition d'ondes de fréquences très différentes, il pourra être décomposé en plusieurs vibrations dont les fréquences seront comprises dans une bande plus étroite en excitant plusieurs fibres centrifuges (*propriété distributive*). Au contraire, plusieurs fibres centripètes peuvent amener des vibrations qui se superposent en excitant une fibre centrifuge laissant passer une bande de fréquences plus large (*propriété intégrative*).

THÉORIE DES GAZ. — *Sur l'existence probable de deux états de l'hélium en phase gazeuse*. Note de M. **Jean P. E. Duclaux**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Dans une publication antérieure ([1]), à laquelle on se reportera pour les notations, d'ailleurs classiques, nous avons montré que, contrairement à ce que l'on semble généralement croire, la pression de vapeur de l'hélium est représentée par une seule fonction de la température sans singularité au point λ.

Or la courbe qui donne la chaleur de vaporisation en fonction de la température a un point anguleux en cet endroit.

L'application de la formule de Clapeyron qui s'écrit, L étant la chaleur de vaporisation :

$$\text{(7)} \qquad L = T(V - v)\frac{dP}{dT}$$

montre que dans ces conditions la courbe qui représente la variation de $(V - v)$ en fonction de la température doit avoir un point anguleux à $2°,186$; il est bien connu que la courbe qui donne v possède cette particularité, mais la grandeur de la variation de dv/dT est insuffisante à rendre compte de la variation de L; la courbe qui donne V en fonction de T a donc un point anguleux au point λ.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2409. Une faute d'impression y a fait écrire, pour la température du point λ, $2°,196$ au lieu de $2°,186$.

Les valeurs de L ont été mesurées à Leyde pour un certain nombre de températures inférieures à 2°,186; ces températures sont caractérisées par la tension de vapeur.

Des valeurs de L on peut tirer celles de PV/RT; le tableau ci-dessous donne la suite des opérations; on y trouve successivement :

Colonne 1 : pression de vapeur expérimentale.

Colonne 2 : température correspondante tirée de la formule (5) de notre Note antérieure.

Colonne 3 : valeur expérimentale de L en calories par atome-gramme.

Colonne 4 : valeur de $TV\,dP/dT$ obtenue en ajoutant à la valeur de la colonne 3 celle de $Tv\,dP/dT$ calculable à partir de la formule (5) de notre Note antérieure et de la valeur expérimentale de v.

Colonne 5 : valeur de $RT^2\,dP/P\,dT$ tirée de la formule (5) de notre Note antérieure.

Colonne 6 : valeur de PV/RT obtenue en faisant le rapport des nombres des colonnes 4 et 5; la valeur à 2°,186 est calculée directement à partir des formules données dans notre Note antérieure.

4,26	1,536	21,815	21,842	21,825	0,99522
9,04	1,715	22,095	22,147	22,245	0,99203
10,4	1,753	22,215	22,273	22,346	0,99380
14,5	1,848	22,295	22,373	22,588	0,98821
25,9	2,037	22,335	22,464	23,121	0,97091
31,7	2,112	(22,135)	(22,289)	23,343	(0,95485)
38,33	2,186	–	–	23,573	0,94989

Par analogie avec la formule (3) de notre Note antérieure, construisons la courbe qui donne PV/RT (colonne 6) en fonction de P (en éliminant le nombre à 2°,112 visiblement aberrant); il apparaît clairement que PV/RT tend vers 1 quand P tend vers zéro; la courbe n'est pas représentable par la formule (3) comme s'il s'agissait d'un liquide normal; elle peut être assimilée à une parabole d'équation

$$\frac{PV}{RT} = 1 - 0{,}05\,011\,\frac{P}{38{,}33} + 1{,}83.10^{-5}\,P(38{,}33 - P) \pm 0{,}00\,147. \tag{8}$$

En partant des valeurs de PV/RT données par cette équation et en refaisant les calculs en sens inverse, nous retrouvons les valeurs expérimentales de L à 1/700 près.

Par extrapolation des formules données dans notre Note antérieure, étudions maintenant quel serait le comportement de l'hélium I au-dessous du point λ; pour la commodité du langage nous parlerons des propriétés de l'hélium I virtuel.

Nous trouvons ainsi comme valeur de PV/RT pour l'hélium I virtuel gazeux,

sous pression de vapeur saturante, à différentes températures et comme rapport des volumes spécifiques des vapeurs de He I virtuel et de He II :

T (°C).	$\frac{PV}{RT}$.	$\frac{\text{Volume He II}}{\text{Volume He I virtuel}}$.
2,186	0,94989	1,00000
2,1	0,95368	1,01095
1,9	0,95105	1,03483
1,6	0,94014	1,05941

Le rapport des volumes spécifiques tend vers 1 au point λ avec une dérivée finie; il est plus grand à l'état de vapeur qu'à l'état liquide, ce qui est tout à fait inattendu.

Il semble que PV/RT pour l'hélium I virtuel tende vers la grandeur a (soit 0,8232) définie dans notre Note antérieure, lorsque T tend vers zéro; nous montrerons que dans ces conditions le rapport de la densité au zéro absolu (donnée par le diamètre rectiligne, soit 0,1550) à la densité critique doit être égal à $a^2 RT_c/P_c V_c$, ce qui est très correctement vérifié, $RT_c/P_c V_c$ étant égal à 3,320.

Il semble donc que l'hélium existe sous deux états, non seulement en phase liquide mais également en phase gazeuse; l'un des gaz serait moins compressible qu'un gaz normal, l'autre le serait plus; il est possible que pour ce dernier gaz le produit PV/RT tende vers une valeur inférieure à un lorsqu'il est soumis à sa tension de vapeur saturante et lorsque T tend zers zéro.

Or on admet généralement que seul le liquide est assez dense pour que les effets de dégénérescence soient sensibles.

CHALEUR. — *Comment choisir le diamètre dans les mesures de conductivité thermique par les méthodes de la barre.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les méthodes de la barre sont approximatives en ce qu'elles postulent l'isothermicité de la section droite, et il faut savoir apprécier quand cette hypothèse est acceptable. Mais d'autre part la coexistence de la conduction dans la masse et de la convection par la surface n'introduisant dans les mesures la conductivité que par sa racine carrée, les méthodes peuvent être utilisables même pour les substances peu conductrices, et il faut préciser jusqu'à quelle conductivité on peut descendre.

Le premier point peut être élucidé élémentairement de la façon suivante. La température, dans la masse, vérifie l'équation

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial r} + \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = 0. \quad (1)$$

(*) Séance du 16 juillet 1951.

V étant l'écart de température par rapport à l'ambiance, et à la surface

$$(2)\qquad -2\pi R\lambda\left(\frac{\partial V}{\partial r}\right)_R = 2\pi R h V_R.$$

Assez près de l'axe, on peut utiliser le développement

$$(3)\qquad V = A - Cx - Br^2 + Dx^2 + \text{termes de 3}^{\text{e}}\text{ degré au moins.}$$

D'autre part, si l'isothermicité cherchée est à peu près réalisée, la température T_a le long de l'axe vérifie à peu près l'équation

$$(4)\qquad \pi R^2\lambda\frac{d^2V}{dx^2} = 2\pi R h V.$$

Dans (2) assimilons $(\partial V/\partial r)_R$ à $-2Br$, et V_R à A. On déduit alors des équations les deux conditions $D = 2B$, $BR^2 \simeq (hR/2\lambda)A$.

En première approximation, BR^2 mesure le défaut absolu d'isothermicité dans la section droite. L'isothermicité relative est donc appréciée par $\varepsilon = hR : 2\lambda$. Or nous avons montré autrefois que, dans de larges limites, le coefficient de dissipation h, lorsque le rayonnement est peu important relativement, se représentait à peu près, dans le système c. g. s.-cal., par $2.10^{-4}R^{-\frac{1}{2}}$. Le rayon R de la barre satisfait, d'après cela, à

$$(5)\qquad R = 10^8\varepsilon^2\lambda^2.$$

Si la barre peut être prise assez longue [la discussion ([1]) conduit à exiger, dans tous les cas, une longueur de 30 à 40 cm], la distribution des températures selon x est donnée par l'exponentielle d'exposant $-mx = -\sqrt{2h : \lambda R}\,x$, et l'on a le maximum de précision dans la mesure du coefficient m si son produit ml par la distance l des deux points en lesquels est mesurée la température vaut 1. D'où l'on tire, d'après l'expression de h, la condition

$$(6)\qquad R = 0{,}0055\, l^{\frac{4}{3}}\lambda^{-\frac{2}{3}}.$$

En égalant les deux limites de R données par (5) et (6), on aura la plus petite conductivité accessible par la méthode. Prenons $\varepsilon = 0{,}01$, et $l = 5$ cm pour que sa détermination relative soit précise. Nous trouvons ainsi la limite de λ égale à 0,01, et le rayon R vaut 1 cm. Si la conductivité est supérieure à cette limite, il suffirait d'après (6) d'un rayon plus petit, et l'isothermicité sera améliorée encore.

Si l'on veut descendre à la conductivité $\lambda = 0{,}001$ (ce qui correspond déjà à de véritables isolants) il faudrait d'après (6) une barre de rayon 5 cm, qu'on pourrait réduire à 2 cm si l'on se contente d'une distance l de 2,5 cm.

([1]) *Chaleur et Industrie*, 1951 p. 147.

D'après (5) le défaut d'isothermicité serait alors 0,14, assez grave, mais acceptable parce que des mesures rudimentaires suffisent alors.

Si la barre n'est pas longue, nous avons indiqué (*loc. cit.*) qu'un montage symétrique (constitué même, s'il le faut, par deux demi-barres aboutées), élimine la difficulté. Nous sommes ramené au même problème, sauf que, l'origine étant prise au centre de symétrie, la distribution de température est donnée par la fonction chmx. La détermination la plus précise de m par ml (l est alors la longueur d'un tronçon) est réalisée quand ml est racine de l'équation $\xi(\operatorname{ch} 2\xi - 3) = \operatorname{sh} 2\xi$. La racine est environ 1,5 (au lieu de 1 dans le cas de l'exponentielle). Et l'équation (6) est remplacée par

$$R = 0,00031\, l^{\frac{1}{3}} \lambda^{-\frac{2}{3}}. \tag{6 bis}$$

La conductivité-limite avec $l = 5$ cm est alors 0,008, et le diamètre minimum de la barre serait dans ce cas de 13 mm.

En résumé, il est toujours possible d'effectuer une mesure de conductivité assez correcte avec un diamètre raisonnable pour une barre même très peu conductrice.

ÉLECTRICITÉ. — *Variation des propriétés électriques des couches lacunaires en fonction de la température.* Note (*) de M. **J.-P. Borel**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des mesures de « résistance électrique » ont été faites à différentes températures sur des lames d'argent d'épaisseurs équivalentes comprises entre 4 et 12 mμ. Pour les lames d'épaisseurs inférieures à 10 mμ on constate une diminution irréversible de l'intensité en fonction de la température, les mesures étant faites à tension constante. Pour les lames dont l'épaisseur est voisine de 11 à 12 mμ, on constate au contraire des variations réversibles.

I. Sur une plaque de quartz amorphe, on réalise par évaporation sous vide deux plages d'argent distantes de 0,02 cm, jouant le rôle d'électrodes. Entre ces électrodes, on dépose ensuite, par la même méthode, la lame mince d'argent que l'on désire étudier.

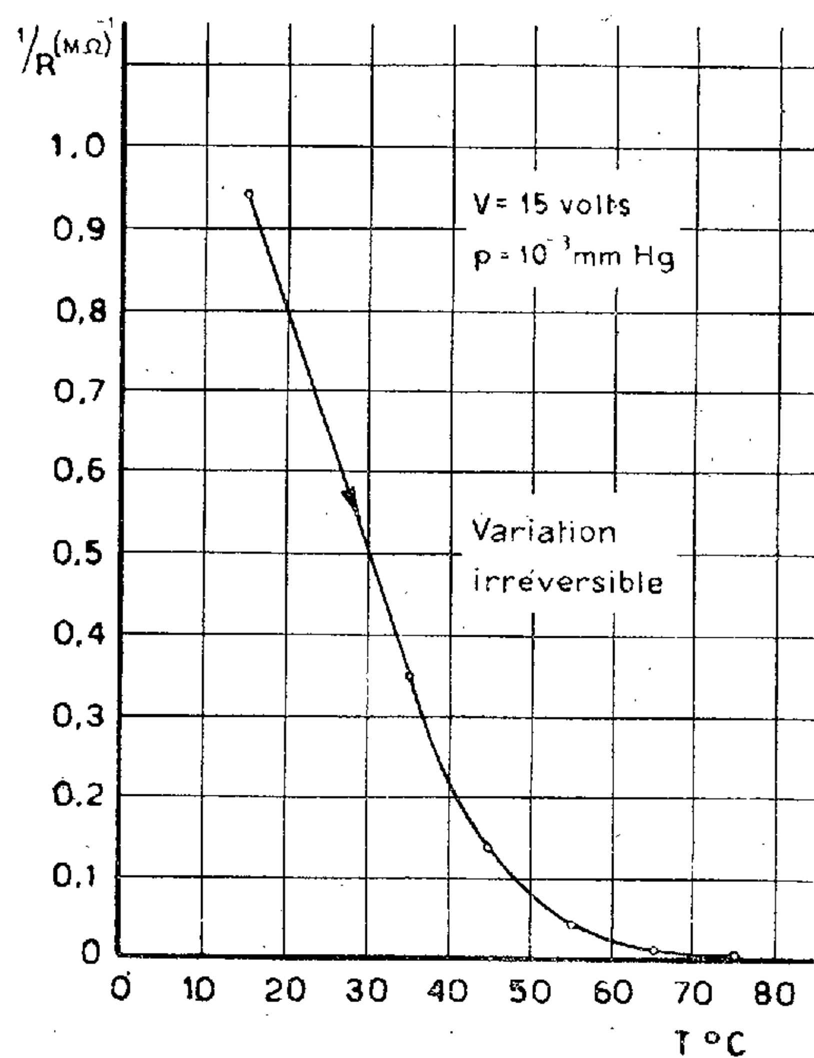
L'argent qu'on veut déposer est chauffé à une température voisine de 1000° C dans une nacelle de molybdène placée à 15 cm du support de quartz.

Un couple cuivre-constantan soudé à l'une des plages d'argent contrôle la température de la lame. Un pyromètre régulateur commande au moyen d'un système de relais un corps de chauffe en nickel-chrome. Ce corps de chauffe maintient par rayonnement la température de la lame à une

(*) Séance du 9 juillet 1951.

valeur quelconque comprise entre 15° C et 150° C avec une précision de ± 1° C.

II. Les couches dont l'épaisseur équivalente est inférieure à 10 mμ sont lacunaires et n'obéissent pas à la loi d'ohm. La mesure de résistance est alors remplacée par une mesure du courant i à tension constante (par exemple $e = 15$ V). Nous appelons R le quotient e/i. *Sous l'effet d'une augmentation de température, on constate, pour les couches dont l'épaisseur est inférieure à* 10 mμ, *une augmentation irréversible de* R. Cette variation correspond probablement à un changement de structure; elle se fait relativement lentement. Il faut en effet de 5 à 10 h pour que R atteigne sa valeur limite.



« *Conduction* » *en fonction de la température.*

Épaisseur : environ 7 mμ. Pression pendant la mesure : 10^{-3} mm Hg. Tension : 15 V. Durée de l'évaporation : 1 mn. Temps nécessaire à la stabilisation de R : environ 6 h pour chaque mesure.

La figure reproduite ici montre l'allure de la courbe $i/e = F(T)$ pour une lame dont l'épaisseur est de 7 mμ ± 1 mμ. Nous avons étudié un certain nombre d'autres lames minces dont l'épaisseur variait de 4 à 9 mμ. Ces lames ont été déposées à des vitesses différentes, comprises entre 6 mn et 60 mn. Dans tous les cas nous avons obtenu des diagrammes semblables à celui reproduit ici.

III. Pour les couches d'épaisseurs voisines de 11 à 12 mμ, on a constaté des variations réversibles de R en fonction de la température. La courbe $i/e = F(T)$ présente alors un minimum.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Le potentiel axial des lentilles à grille.* Note de M. **Michel Bernard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Autrefois L. Cartan [1] a brillamment utilisé des lentilles constituées par deux électrodes symétriques au potentiel Φ_1 séparées par une grille plane au potentiel Φ_0. Ce montage a l'intérêt d'avoir une convergence de signe uniforme. Nous avons cherché une expression rigoureuse du potentiel sur l'axe de ce genre de lentilles.

1. *Lentilles à cylindres.* — La lentille est constituée par deux cylindres de rayon 1 au potentiel Φ_1 séparés par une grille au potentiel Φ_0 située à l'abscisse zéro. En posant la solution sous la forme classique obtenue par séparation des variables

$$\Phi_0 = \Phi_0 + \int_0^\infty A(k) I_0(kr) \sin kz \, dk,$$

il nous est facile de déterminer les coefficients pour que les conditions aux limites soient satisfaites, c'est-à-dire $\Phi = \Phi_0$ pour $z = 0$, et $\Phi = \Phi_1$ pour $r = 1$. Les théorèmes de l'intégrale de Fourier conduisent après quelques calculs à

$$\frac{\Phi}{\Phi_0} = 1 + \frac{2}{\pi}(\sigma - 1) F(z), \qquad \sigma = \frac{\Phi_1}{\Phi_0},$$

$$F(z) = \int_0^\infty \frac{\sin kz}{k I_0(k)} dk.$$

L'étude de la fonction $F(z)$ est assez simple si on la transforme préalablement en une série, par intégration dans le domaine complexe. Nous intégrons le long de l'axe Ox, en contournant l'origine par un petit cercle de rayon ε, et nous fermons le contour en intégrant le long du cercle de l'infini. Les pôles sont situés sur l'axe imaginaire et correspondent aux racines de $J_0(y) = 0$. Après quelques calculs, on trouve

$$J_0(u_n) = 0, \qquad F(z) = \frac{\pi}{2}\left(1 - 2\sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-u_n z}}{u_n J_1(u_n)}\right),$$

$$F(z) = 1,571[1 - 1,602\, e^{-2,40 z} + 1,065\, e^{-5,52 z} - 0,851\, e^{-8,65 z} + \ldots + 0,730\, e^{-11,8 z}].$$

Cette série qui converge rapidement, permet le calcul de $F(z)$. Nous donnons ci-dessous une table abrégée :

z	0	0,25	0,50	0,75	1	1,25
$F(z)$	0	0,499	0,902	1,181	1,349	1,447
z	1,50	1,75	2	2,25	2,50	∞
$F(z)$	1,503	1,533	1,551	1,560	1,565	1,571

(1) *J. Phys.*, 8, 1937, p. 111.

Tant que z est inférieur à 0,5 on a $F(z) \sim 2,068\, z - 1,1\, z^3$; d'autre part, on constate que la fonction $F_a = 1,571\, \mathrm{th}\, 1,315\, z$ proposée par Gray (²) fournit une représentation approchée de $F(z)$ à moins de 1 % près.

2. *Lentille de L. Cartan.* — Nous étudierons ensuite le cas de la lentille de L. Cartan, constituée par deux diaphragmes plans percés de trous circulaires de rayon 1, distants de $2\,d$, et au potentiel Φ_1; au milieu se trouve la grille, au potentiel Φ_0. Les conditions aux limites sont ici plus compliquées : on a toujours $\Phi = \Phi_0$ pour $z = 0$, mais pour $r = 1$ nous sommes obligé de faire une hypothèse; nous adopterons celle de Bertram (³) dont les conséquences ont été bien vérifiées, dans un cas analogue, par les mesures expérimentales. Nous supposons donc que, pour $r = 1$, le potentiel est donné par

$$\Phi = \Phi_0 + (\Phi_1 - \Phi_0)\frac{z}{d} \qquad \text{pour} \quad 0 \leqq z \leqq d; \qquad \Phi = \Phi_1 \qquad \text{pour } z > d.$$

Le calcul est alors possible et donne le potentiel sur l'axe

$$\frac{\Phi}{\Phi_0} = 1 + \frac{2}{\pi}(\sigma - 1)\frac{1}{d}G(d, z) \qquad \sigma = \frac{\Phi_1}{\Phi_0},$$

$$G(z, d) = \int_0^{\infty} \frac{\sin kz \sin kd}{k_2\, I_0(k)}\, dk.$$

La nouvelle fonction $G(z, d)$ ne nécessite pas de nouveaux calculs car il est facile de la transformer

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin kz \sin kd}{k^2 I_0(k)}\, dk = \frac{1}{2}\int_0^{\infty} \frac{\cos k(z-d)}{k^2 I_0(k)}\, dk - \frac{1}{2}\int_0^{\infty} \frac{\cos k(z+d)}{k^2 I_0(k)}\, dk$$

$$= \frac{1}{2}\left[\int_0^{\infty} \frac{-\cos ku}{k^2 I_0(k)}\, dk\right]_{z-d}^{z+d}$$

et par suite, en intégrant sous le signe somme :

$$G(z, d) = \frac{1}{2}\int_{z-d}^{z+d} F(u)\, du.$$

Une intégration graphique sur la courbe $F(z)$ fournira $G(z, d)$; si l'on prend la représentation approchée de F on obtiendra une représentation approchée pour G, G_a :

$$G_a(z, d) = 0,587\, \mathrm{Log}\, \frac{\mathrm{ch}\, 1,315(x+d)}{\mathrm{ch}\, 1,315(x-d)}.$$

Le problème est ainsi résolu pour une grille très transparente, à mailles très fines. Nous donnerons dans une prochaine Note, le calcul de la perturbation due aux trous de la grille, lorsqu'on tient compte de leur rayon fini au lieu de le supposer infiniment petit.

(²) *Bell Syst. Techn. Journ.* 28, 1939, p. 25.

(³) *P. I. R. E.*, 28, 1940, p. 418-420; *J. Appl. Phys.*, 13, 1942, p. 496-502.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur la courbe de tension en charge d'un alternateur monophasé non amorti.* Note de M. **Émile Pillet**, présentée par M. Georges Darrieus.

Méthode nouvelle pour déterminer le développement en série de Fourier de la courbe de tension, ou d'intensité, d'un alternateur monophasé en charge.

Dès 1893, Boucherot [1] a montré que le fonctionnement en charge d'un alternateur monophasé, non amorti, entraîne une déformation de la courbe de tension; en même temps, l'intensité d'excitation devient périodique de fréquence $2f$.

On peut chercher à développer en séries de Fourier les variations des intensités dans l'inducteur et dans l'induit, on obtient deux lois de récurrence entre les coefficients des développements, mais qui sont, malgré tout, insuffisantes pour permettre de déterminer ces coefficients; seul le terme d'ordre zéro dans l'intensité d'excitation est ainsi calculable. Dans le même travail, Boucherot a montré qu'on pouvait mettre les autres coefficients sous forme de séries convergentes.

Dans le cas d'un débit purement inductif, en négligeant toutes les résistances, l'intégration des deux équations différentielles simultanées qui traduisent le fonctionnement de la machine est possible; on obtient pour l'intensité d'excitation la fonction

$$\tau = \frac{\sqrt{\sigma}\,\tau_0}{1-(1-\sigma)\cos^2\omega t},$$

où σ est le coefficient global de dispersion des deux circuits.

Si l'on développe cette fonction en série de Fourier, on constate que les différents coefficients forment une progression géométrique décroissante dont la raison est $(1-\sqrt{\sigma})/(1+\sqrt{\sigma})$.

En reprenant les équations de récurrence, on constate que les résistances sont d'autant plus négligeables devant les réactances que l'ordre des harmoniques est plus élevé. On en déduit que la série des coefficients du développement réel tend vers une progression géométrique de raison connue. On constate aussi que si l'on connaît deux coefficients d'ordres successifs, on peut calculer tous les autres; l'influence d'une légère erreur sur le déphasage des deux coefficients connus, est convergente si l'on descend l'ordre numérique, elle est divergente si on le remonte.

On peut donc partir de deux termes d'ordres assez élevés pour que la progression géométrique soit une approximation suffisante. On fixe l'un

(1) *Lumière électrique*, 47, 1893, p. 551.

d'eux arbitrairement en grandeur et en phase, une construction géométrique simple permet de remonter progressivement jusqu'au terme d'ordre zéro que l'on identifie avec sa valeur connue, ce qui détermine l'échelle et l'orientation du dessin. Pour les termes d'ordres supérieurs, la progression géométrique est acceptable en module; les déphasages se déterminent à part par des séries numériques simples. On constate que la phase ne tend vers aucune limite, mais croît indéfiniment en même temps que le module tend vers zéro.

La même méthode s'étend au cas des alternateurs polyphasés déséquilibrés avec où sans amortissement, en utilisant la matrice caractéristique établie dans une Note précédente [2]; elle s'étend également au cas d'une charge capacitive. La raison de la progression géométrique asymptote est d'autant plus petite que l'amortissement est mieux réalisé, elle est nulle pour l'amortissement optimum.

OPTIQUE. — *Sur la réfractivité moléculaire des verres.*

Note (*) de Mme **Aniuta Winter-Klein**, présentée par M. Jean Cabannes.

La réfractivité moléculaire de plusieurs verres a été calculée et le rôle de divers éléments dans le phénomène de la trempe, recherché.

Dans l'étude qui suit, on a cherché à mettre en évidence la contribution apportée par chaque élément constitutif d'un verre au phénomène d'hystérésis thermique que ce verre présente.

Pour ce faire, on a appliqué la formule de réfractivité moléculaire de Lorentz-Lorentz : $R = [(n^2 - 1)/(n^2 + 2)].[M/d]$ dans laquelle n représente l'indice de réfraction, d, la densité, M la masse moléculaire.

L'on sait que R, la réfractivité moléculaire est une propriété additive et pour des corps complexes on peut la déduire des réfractivités de ces composants.

L'étude a porté sur huit verres dont les compositions sont indiquées sur le tableau I.

Pour chaque verre, on a mesuré l'indice de réfraction n et la densité d. Les valeurs de n et d varient pour un verre donné en fonction du traitement thermique. Aussi trouve-t-on pour chaque verre : n_{max} et d_{max} correspondant au recuit fin et n_{min} et d_{min} correspondant à une forte trempe.

En se basant sur ces valeurs, on a calculé pour chaque verre R_r correspondant à l'état recuit et R_t correspondant à l'état trempé.

Ces valeurs pour les verres étudiés sont données dans le tableau I ainsi que les différences $\Delta R = R_t - R_r$.

(2) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 384.

(*) Séance du 9 juillet 1951.

TABLEAU I (*).

	R_t.	R_r.	ΔR.
Silice vitreuse : **$20SiO_2$**	158,00	157,40	0,6
F.E.D. : $6SiO_2$, **$14PbO$**	295,9	295,23	0,67
F.D. : $9SiO_2$, $9PbO$, **$2K_2O$**	251,85	251,2	0,53
B.C.L. : $11SiO_2$, $3K_2O$, **$6BaO$**	186,20	185,63	0,57
B.S.C. : $13SiO_2$, $3K_2O$, $2BaO$, **$2B_2O_3$**	177,7	177,00	0,7
B.S.C. : $14SiO_2$, $4K_2O$, B_2O_3, **CaO**	170,55	169,9	0,65
B.C.D. : $6SiO_2$, $4B_2O_3$, $9BaO$, **Al_2O_3**	209,54	208,77	0,77
C.O : $15SiO_2$, $2K_2O$, CaO, **$2Na_2O$**	161,1	160,53	0,57

(*) Pour l'uniformité des résultats, toutes les compositions ont été représentées en 20 parties. L'oxyde (en caractères gras) est celui dont la réfractivité moléculaire a été déduite de la composition donnée.

Les réfractivités moléculaires des oxydes composant les verres peuvent être calculées de proche en proche en partant d'un verre simple SiO_2 dont on connaît R par les mesures de n et de d. On prend ensuite un verre à deux composants, par exemple contenant $x SiO_2 + y PbO$ dont on détermine R total par la mesure de n et de d; on en déduit : $R_{PbO} = (R - x R_{SiO_2})/y$, connaissant R_{SiO_2} et R_{PbO} l'on peut déduire la réfractivité d'un nouvel oxyde à partir de la réfractivité d'un verre à trois composantes : par exemple, de la réfractivité du verre $x SiO_2$, $y PbO$ et $z K_2O$, on déduit R_{K_2O}, et ainsi de suite.

L'on peut déterminer ainsi les R pour tous les oxydes composant les verres étudiés.

On a vu que pour chaque verre on trouve deux valeurs limites de R : une R_r pour l'état recuit, l'autre R_t pour l'état trempé. Les réfractivités des oxydes, calculées à partir de celles des verres possèdent évidemment, elles aussi, deux valeurs limites, correspondant aux R_r et R_t (*voir* Tableau II).

TABLEAU II.

	R_t.	R_r.	ΔR.
Al_2O_3	18,64	18,60	0,04
PbO	17,75	17,72	0,03
BaO	11,3	11,27	0,03
K_2O	10,5	10,475	0,025
B_2O_3	10,45	10,38	0,07
SiO_2	7,9	7,87	0,03
CaO	7,5	7,48	0,02
Na_2O	7,05	7,02	0,03

L'on peut utiliser ces valeurs des réfractivités des oxydes pour calculer la réfractivité d'un verre de composition différente de ceux qui figurent dans le Tableau I. Si l'on compare ces valeurs calculées aux valeurs mesurées l'on trouve une concordance très satisfaisante, ce qui confirme la validité de la loi d'additivité (Tableau III).

TABLEAU III.

	$R_{calc.}$	$R_{obs.}$
F. D. : $8SiO_2$, $10PbO$, $2K_2O$	261,7	261,8
F. L. : $10SiO_2$, $7PbO$, $2K_2O$	234,7	234,2

Au lieu de ΔR rapporté à chaque oxyde, considérons ΔR_A rapporté à chaque élément électropositif; pour un oxyde contenant p atomes électropositifs et q atomes d'oxygène $\Delta R_A = (q/p)\Delta R$ oxyde. Les valeurs ΔR_A figurent dans le tableau IV.

TABLEAU IV.

	ΔR_A.	Énergie des liaisons en kcal (1).
B	0,1	119
Si	0,06	106
Al	0,04	53-67
Pb	0,035	39
Ba	0,03	33
Ca	0,02	32
Na	0,015	20
K	0,012	13

Ces ΔR_A placés dans l'ordre décroissant se classent comme les énergies de liaisons, qu'on a portées à titre de comparaison dans la colonne 3 du tableau IV.

Plus l'énergie de liaison est grande, plus grande est la contribution de l'élément donné, à l'effet de la trempe du verre.

EFFET RAMAN. — *Note sur la diffusion Raman des verres.*
Note (*) de M. **Lucien Prod'homme**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les spectres Raman des crowns et flints ont été obtenus, la position et la largeur des bandes de diffusion étudiée en fonction de la composition.

Pour un des verres étudiés, un flint très dense, on a mis en évidence la variation de la largeur des bandes en fonction du traitement thermique.

L'effet Raman des verres a été étudié à l'étranger par plusieurs auteurs : Kujumzelis (1) et Langenberg (2) en 1936 en Allemagne et plus récemment en 1949 par Ruess et Smekal (3) en Autriche et Rank et Douglas (4) en Angleterre.

(1) Selon K. Han Sun, *J. Amer. Ceram. Soc.*, **30**, 1947, p. 277.

(*) Séance du 9 juillet 1951.

(1) *Z. Physik*, **97**, 1935, p. 561; **100**, 1936 p. 221; *Glass Tech. Berichte*, **15**, 1937, p. 148-149.

(2) *Ann. Physik*, (5), **28**, 1937, p. 104.

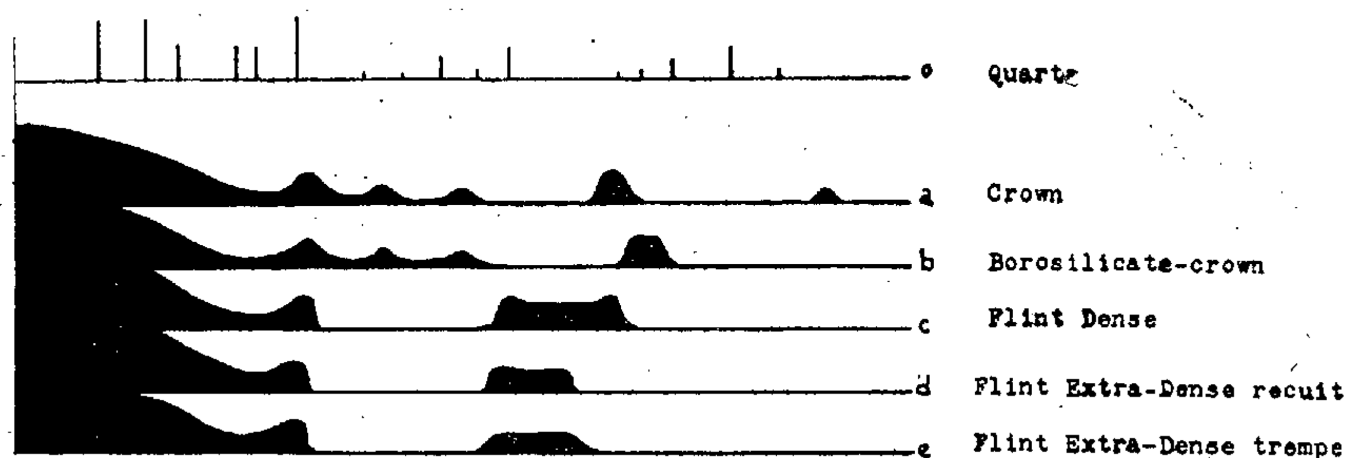
(3) *Glass Tech. Berichte*, **22**, 1949, p. 173-179.

(4) *J. Opt. Soc. Am.*, **38**, 1948, p. 966-970.

Nous avons repris ces travaux en essayant d'augmenter la précision et de rechercher l'influence du traitement thermique sur le spectre de diffusion obtenu.

Nous avons utilisé le dispositif classique pour l'effet Raman en nous inspirant des travaux de Smekal ([3]) et de Kohlrausch ([5]) : l'échantillon de verre sous forme d'un parallélépipède d'environ 60 × 10 × 10 mm est placé au centre d'une cuve double avec filtre (nitrate de soude) et circulation d'eau. Il est éclairé par une lampe à vapeur de mercure, dont on concentre le flux lumineux à l'aide de deux grands miroirs sphériques.

Nous employons un spectrographe Huet à grande dispersion, réalisant une ouverture de $f/5$, les temps de pose variant de 20 à 50 h.



Spectres RAMAN des Verres comparés à celui du Quartz

Le schéma ci-dessus donne un résumé des quelques mesures que nous avons pu faire et facilite les comparaisons des crowns et des flints au quartz.

Nos expériences ont tout d'abord montré une différence très marquée entre le spectre des crowns et celui des flints. Le spectre des crowns présente trois petites bandes diffuses entre 500 et 700 cm^{-1} et une autre bande plus intense vers 1000 cm^{-1}. Le spectre des flints au contraire présente un continuum contigu à la raie excitatrice avec limite nette vers 480 cm^{-1} et une large bande très diffuse dont la fréquence moyenne, qui se situe vers 800 cm^{-1}, se déplace vers le rouge quand augmente la teneur en plomb des échantillons (*fig.* 1 *a*, *b*, *c*, *d*).

Nous avons ensuite étudié la différence des bandes Raman d'un verre donné, ayant subi deux traitements thermiques différents.

Pour ce faire, on a pris un échantillon d'un flint extradense auquel on a fait subir d'abord un recuit prolongé et ensuite une très forte trempe.

Les bandes Raman obtenues sur cet échantillon à l'état recuit et à l'état trempé, ne sont pas identiques. Leur position moyenne est la même, mais pour le verre trempé, on observe un élargissement appréciable de la bande

(5) *Der Smekal-Raman Effekt*, Berlin, Springer, 1931.

dont le maximum (d'ailleurs très aplati et très diffus) se situe vers 920 cm^{-1} (*fig.* 1 *d* et *e*).

Ce résultat apporte donc une nouvelle contribution à l'étude de la structure comparée d'un verre recuit à celle d'un verre trempé. Cet élargissement de la bande qui devient en même temps plus diffuse lorsque le verre a été trempé, semblerait correspondre à un réseau désordonné encore plus lâche que celui d'un verre bien recuit, dont le réseau paraît, en quelque sorte, « s'organiser ».

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur un récepteur idéal de photons et sa réalisation. Résultats préliminaires.* Note de MM. **André Lallemand** et **Maurice Duchesne**, présentée par M. André Danjon.

En utilisant l'effet photoélectrique qui ne possède pas de seuil aux faibles éclairements et en enregistrant les photoélectrons sur des plaques spéciales, il est possible de réaliser un récepteur idéal de photons reconstituant l'image de l'objet étudié. Cette reconstitution paraît indispensable pour l'élimination des effets parasites. Des expériences préliminaires ont permis d'obtenir une image en 4 mn, alors que dans les mêmes conditions une plaque Superfulgur exigeait au moins 6 h de pose.

L'un de nous a proposé [1] en 1936 une méthode permettant d'enregistrer des images d'objets peu lumineux pour lesquels le seuil de la plaque photographique n'est pas atteint ou le temps de pose prohibitif. Rappelons que cette méthode consiste à former l'image de l'objet sur une photocathode; les électrons libérés sont accélérés et l'on forme l'image électronique de la photocathode sur une plaque photographique. Des expériences préliminaires avaient montré [2] que l'on pouvait communiquer aux photoélectrons une énergie considérable (40 kV) sans nuire à la formation de l'image, et qu'un gain appréciable sur le temps de pose pouvait être obtenu sur les procédés photographiques classiques.

Une récente étude sur les cellules à multiplicateurs d'électrons a montré [3] que la réponse restait linéaire pour les plus petits flux lumineux employés; en particulier, les photocathodes complexes, à grande sensibilité possèdent un rendement indépendant du flux lumineux et n'ont pas de seuil aux faibles éclairements. On ne connaît pas encore un récepteur d'énergie lumineuse dont le rendement quantique soit supérieur à celui de l'œil; mais le temps pendant lequel il peut cumuler l'énergie des photons est seulement de l'ordre d'un dixième de seconde : cette circonstance limite sa sensibilité aux faibles flux. La plaque photographique permet au contraire des temps de pose très longs, mais pour de très faibles éclairements elle n'enregistre plus d'images, quel que soit le temps de pose. L'effet photo-

(1) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 243 et *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 990.
(2) *Le télescope électronique* (*Centre de perfectionnement*, Paris, 1945).
(3) J. Stebbins, E. Whitford et H. L. Johnson, *Ap. Jour.*, **112**, 1950, p. 474.

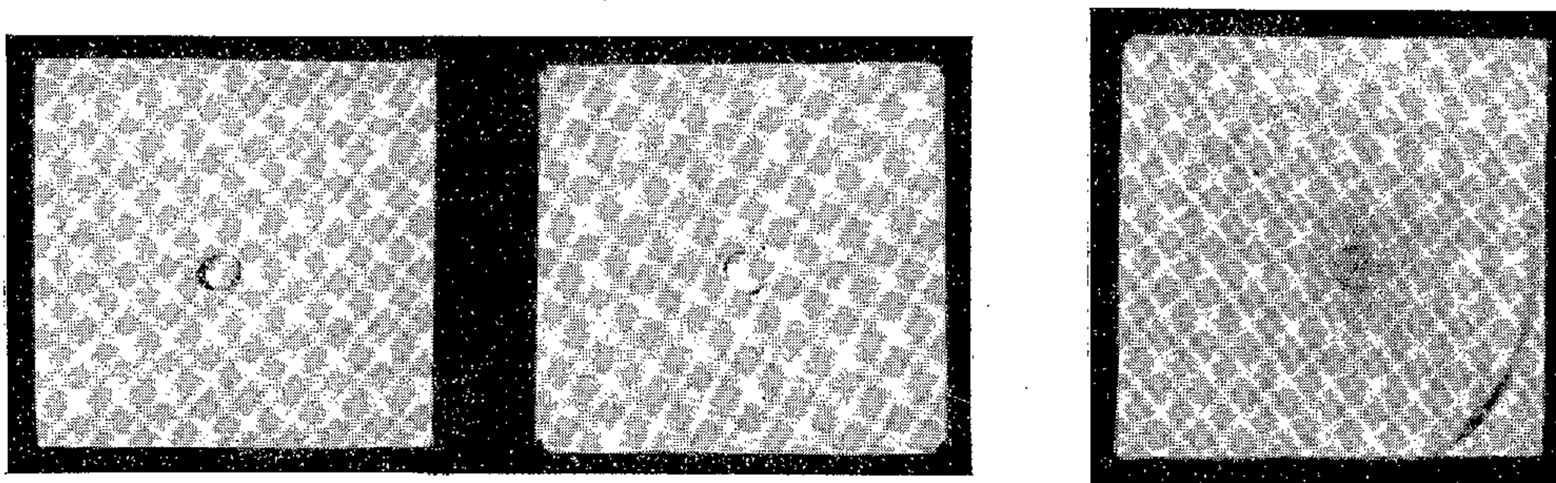
électrique, avec son rendement constant et élevé, se prête à la réalisation du récepteur idéal de photons à la condition de cumuler leurs effets pendant un temps suffisamment long. Or, on sait que l'on peut enregistrer sur des plaques spéciales l'arrivée d'un seul électron accéléré sous une tension suffisante et cumuler les effets au cours du temps; il paraît donc possible de réaliser un récepteur d'énergie lumineuse capable de compter individuellement les photons pendant un temps aussi long que l'on veut tout en matérialisant la place de chaque photon dans un plan image.

Nous avons repris cette étude en précisant et en améliorant les conditions expérimentales. Les photocathodes, du type antimoine-césium, sont préparées dans des ampoules en verre mince sur des disques de verre plan de 25 mm de diamètre. Ces ampoules sont introduites dans un appareil comportant les lentilles électroniques. Les plaques à électrons sont contenues dans un magasin; elles pourront venir successivement se placer, grâce à une commande magnétique, dans le plan image des photoélectrons. Un vide très poussé est fait dans l'appareil et des pièges à air liquide sont disposés pour condenser les produits volatils. Lorsque le vide est convenable, un marteau commandé magnétiquement casse l'ampoule contenant la photocathode, qui vient se mettre en place dans la lentille électronique à immersion. La sensibilité de la cathode baisse au cours du temps : actuellement on observe une baisse de 50 % par heure; on pourra certainement améliorer ce résultat déjà remarquable.

Nous avons comparé les résultats obtenus avec ceux que donnent les Superfulgur recevant directement la lumière incidente. Dans ces expériences la tension d'accélération était de 20 000 V; les plaques utilisées étaient des plaques Kodak du type Sound Recording n° 1357. La sensibilité spectrale de la photocathode étant plus étendue que celle de la Superfulgur, nous avons filtré la lumière par un écran Wratten 49 C 4, qui élimine les radiations pour lesquelles la cathode est seule sensible. L'objet, constitué par le filament de tungstène d'une lampe à incandescence était invisible à l'œil nu, sa brillance étant fortement diminuée par interposition d'un filtre neutre. Les résultats d'une expérience sont reproduits sur la figure 1. L'image de droite a été obtenue sur Superfulgur en 6 h, celle de gauche en 4 mn par notre dispositif, avec le même objectif. La couche photoélectrique n'était pas particulièrement sensible et nous sommes encore loin de l'utilisation optimum des plaques à électrons. La figure 2 montre le résultat d'une autre expérience faite dans les mêmes conditions, mais où toute la photocathode est rendue visible par une émission électronique uniforme. Cette émission a différentes causes simultanément présentes ([4]); dans cette expérience, une très faible lumière parasite, imparfaitement

([4]) M. Duchesne, *Thèse*, Paris, 1949.

éliminée, a principalement produit cet effet. Ce cliché montre tout l'intérêt qui s'attache à la reconstitution de l'image électronique de la photocathode, car l'interprétation de cette image permet de distinguer les électrons



Photographie électronique. Pose : 4 mn. — Fig. 1. — Photographie normale. Pose : 6 h.

Fig. 2.

perturbateurs ou parasites des photoélectrons libérés par le rayonnement de l'objet étudié. Cette analyse permet une amélioration considérable du facteur de mérite (signal/bruit) qui limite fondamentalement le seuil des compteurs de photons classiques. Ce dispositif est destiné aux observations astronomiques qui nécessitent presque toujours l'obtention d'images avec des flux très faibles.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Perturbations de la « mémoire de phase » d'un système de spins par les fluctuations dans le temps du champ magnétique.* Note (*) de M. **Robert Gabillard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Etude de l'influence des fluctuations dans le temps des divers champs magnétiques qui interviennent en résonance nucléaire. Interprétation théorique, vérification expérimentale et indication d'un nouveau procédé de mesure de T_2.

Nous avons établi ([1]) que la mémoire de phase avait pour effet de rendre symétrique par rapport à l'instant t_0 de résonance la fonction $F(t)$ exprimant l'action de l'inhomogénéité statique du champ magnétique sur un système de spins. Toute fluctuation ayant pour effet d'affecter de manière *aléatoire* ou simplement *non périodique* la phase de l'angle de précession autour de Oz, aura pour conséquence de faire perdre plus ou moins totalement la « mémoire de phase » au système de spins et de détruire la symétrie de $F(t)$.

(*) Séance du 9 juillet 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 39.

Conséquences pour l'amplitude du signal. — Une des conséquences de la mémoire de phase est l'existence d'un régime transitoire durant lequel le signal s'établit progressivement en accumulant les effets de tous les passages antérieurs par la résonance. La constante de temps de ce régime d'établissement est $1/\Theta = (1/2)[(1/T_1)+(1/T_2)]$ et l'amplitude permanente atteinte au bout du temps Θ est

$$V_p = M_0 \frac{\Delta\varphi \dfrac{T_2}{T_0}}{1+\Delta\varphi^2 \dfrac{T_1 T_2}{T_0^2}},$$

$\Delta\varphi =$ angle de la précession autour de H_1 durant un passage par la résonance. Toute fluctuation affectant la phase de la précession autour de Oz de la quantité $\delta\varphi(t)$ multipliera V_p par un facteur approximativement égal à $\overline{\cos\delta\varphi(T_0)}$ ($T_0 = 1/2$ période du balayage), V_p va donc diminuer pour atteindre lorsque $\overline{\delta\varphi(T_0)} \geqq \pi$ la valeur V_0 du régime permanent sans mémoire de phase.

$$V_0 = M_0\,\Delta\varphi.$$

D'où un nouveau moyen de mesurer T_2,

$$T_2 = T_0\left(\frac{V_p}{V_0}\right).$$

Conséquences pour la fonction $F(t)$. — Le facteur de phase $\Phi(\delta)$ de $F(t)$ va devenir une fonction du temps $\Phi(\delta) = (1/2)\gamma\delta T_0 + \delta\varphi(t)$ et la propriété $F(T_0 - t) = F(t)$ va être remplacée par $F(T_0 - t) = F(t) + \varepsilon(t)$ avec

$$\varepsilon(t) = \overline{\delta\varphi(T_0)}\,\frac{2\displaystyle\int_0^\infty \psi(\delta)\sin\left[\gamma\delta\left(t-\frac{T_0}{2}\right)+\delta\varphi(t)\right]d\delta}{2\displaystyle\int_0^\infty \psi(\delta)\cos\left[\gamma\delta\left(t-\frac{T_0}{2}\right)+\delta\varphi(t)\right]d\delta},$$

Lorsque $\psi(\delta)$ est proportionnelle à $1/\sqrt{\delta}$, nous avons

$$\varepsilon(0) = \overline{\delta\varphi(T_0)}$$

et par suite le rapport e_1/e_2 des amplitudes du signal après et avant la résonance devient

$$\frac{e_1}{e_2} = e^{\frac{T_0}{T_2}}(1+\varepsilon(0)),$$

relation qui explique l'existence du palier de la fonction y, reconnu expérimentalement [1] et détermine sa hauteur.

Vérification expérimentale. — Nous avons vérifié ce qui précède en produisant de très faibles fluctuations artificielles du champ magnétique par l'agitation à la main, à 1,5 m, environ de l'entrefer d'un petit tournevis à tige de fer et en enregistrant cinématographiquement l'effet de cette perturbation sur le phénomène.

Les diverses causes de fluctuations résiduelles naturelles. — La valeur rési-

duelle $\overline{\delta\varphi(T_0)} \neq 6^\circ$ trouvée peut être interprétée comme l'effet de diverses causes de fluctuations.

a. Fluctuations du champ directeur. — Si le champ directeur est de la forme $H_z = H_0 + \delta_0 + \delta(t)$, les $\delta\varphi$ produits par sa fluctuation $\delta(t)$ seront

$$\delta\varphi(t) = \int_0^t \gamma\,\delta(t)\,dt,$$

pour produire un $\overline{\delta\varphi(T_0)} = 6^\circ$ il faut une fluctuation du courant d'alimentation de l'électro-aimant de 0,3 mA par seconde pour un courant total de 35 A, ce qui est très vraisemblable pour la batterie d'accumulateur de 9000 Ah qui alimente l'électro-aimant.

b. Mouvement brownien. — Les déphasages produits par le mouvement brownien qui déplace les molécules dans le champ magnétique inhomogène qui règne dans l'échantillon sont

$$\delta\varphi(t) = \int_0^t \gamma\,\overline{\mathrm{grad}\,H_z}\,x(t)\,dt,$$

avec $\overline{x^2(t)} = 2Dt$, D étant le coefficient de diffusion pour l'eau avec $D = 2.10^{-5}$ cm^2:s et $\overline{\mathrm{grad}\,H_z} = 0,1$ gauss:cm. On trouve $\overline{\delta\varphi(T_0)} = 0^\circ,6$, ce qui prouve que ce phénomène est négligeable dans les expériences présentes.

c. Fluctuations du champ magnétique de balayage. — Si le champ de balayage est de la forme

$$h = [\Delta H + \delta\Delta H(t)]\sin\Omega t,$$

ses fluctuations produiront des déphasages

$$\delta\varphi = \int_0^t \gamma\delta[\delta\,\Delta H(t)]\sin\Omega t \qquad \overline{\delta\varphi(T_0)} = 2\gamma\frac{\overline{\delta\,|\Delta H(t)|}}{\Omega},$$

pour obtenir un $\overline{\delta\varphi(T_0)} = 6^\circ$ il faut avec un balayage à 50 c:s ($\Omega = 314$) des fluctuations $\overline{\delta(\Delta H)}$ d'environ 6.10^{-4} gauss; ceci peut être produit par des fluctuations du secteur d'alimentation. On a donc intérêt à diminuer ΔH pour minimiser l'effet d'une fluctuation déterminée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Essai d'interprétation des courbes d'absorption diélectrique ε″, dans le domaine des ondes kilométriques de l'eau adsorbée.* III. Note (*) de M. **Georges Carpéni**, présentée par M. Louis Hackspill.

Après avoir montré, dans deux Notes précédentes ([1]), que les courbes d'absorption ε″ s'accordent parfaitement avec des conceptions basées sur une

---

(*) Séance du 9 juillet 1951.

([1]) G. Carpéni, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 158 et 249.

discrimination entre couches d'adsorption primaire (monomoléculaire) et secondaire, il nous reste maintenant à préciser, avant de conclure, certains aspects concernant les unités absorbantes $(H_2O)_{x_i}$, le taux d'hydratation monomoléculaire E_m, ainsi que la variation de T^M avec la fréquence.

Remarque concernant x_i. — Si $E \leqq E_m$, x_i est constamment nul : les ensembles $(H_2O)_{x_i}$ n'apparaissent que pour les couches d'adsorption secondaires. Lorsque $E \geqq E_m$, la bande II, en particulier, devient de plus en plus intense au fur et à mesure que E se rapproche de E_m et finit par se confondre avec la bande III à la limite $E = E_m$: en ce point on a exactement $x_i = 0$ et $h_i = h_m = h^M$. Si E est de peu supérieur à E_m, $h_i \neq h^M$, car si les entités absorbantes sont *spatialement très réduites* (peu de molécules : x_i très petit), par contre elles sont *très nombreuses*. On peut supposer que x_i dépend, dans une certaine mesure, de la structure poreuse de l'adsorbant, des dimensions de ses canaux capillaires.

Remarques concernant E_m. — Il est curieux de constater que les molécules d'eau de la couche monomoléculaire sont rigidement « ordonnées » même à la température de $+88°$: elles ne devraient donc pas absorber à $\lambda = 3{,}15$ cm ([2]). A cette *même température* de 88°, si $E > E_m$, comme T_i^M (bande II) $< 88°$, *toute l'eau* $E - E_m$ ne sera plus « ordonnée », une partie sera « désordonnée ». Pour un taux d'hydratation $E(E_m < E < E_c)$ donné, l'eau adsorbée secondaire $E - E_m$ doit *en général* (pour $T \neq T_i^M$) provoquer *simultanément* une absorption ε'' *kilométrique* (partie « ordonnée ») et une autre ε'', *centimétrique* (fraction « désordonnée »). L'expérience semble confirmer ce point de vue, car les courbes publiées par M. et R. Freymann ([3]) indiquent, pour l'eau adsorbée, une absorption partielle ε'' centimétrique très nette, décroissante avec T (un minimum vers $-40°$ pour le saccharose ?). On peut donc distinguer entre : *a*. eau véritablement « combinée » en couche monomoléculaire : eau « ordonnée » à toutes températures $T \leqq +88°$; *b*. eau « adsorbée » dans les couches secondaires : eau en partie « ordonnée », en partie « désordonnée », sauf pour la température T_i^M à laquelle elle est entièrement ordonnée; la proportion de l'eau désordonnée diminue avec T et s'annule à $T_0^M \sim -100°$; *c*. eau « absorbée », totalement désordonnée fixée par rétention superficielle très faible.

Si l'énergie de combinaison de l'eau, en couche monomoléculaire, avec son support adsorbant, est considérable et comparable à une énergie chimique, il n'en est plus de même pour les couches d'adsorption secondaires. On peut rapprocher cette remarque des observations de Calvet ([4]) sur les effets thermiques accompagnant l'adsorption : discontinuité nette après la fixation de la première couche monomoléculaire.

([2]) M. et R. Freymann, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 401.
([3]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1096.
([4]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 964.

Remarque concernant la variation de T^M *avec la fréquence.* — On peut, qualitativement, rendre compte des variations observées ([5]) de T^M avec ν. En effet, pour une fréquence ν donnée, il existe une température *optimum* pour laquelle la concentration des unités absorbantes $(H_2O)_{x_i}$ est maximum. Soit η la viscosité du milieu à T^M. Lorsque la fréquence diminue ($\nu_j < \nu_i$), tout se passe comme si, l'orientation étant *plus facile*, la nouvelle viscosité était plus faible ($\eta_j < \eta_i$). Pour retrouver les conditions précédentes du maximum, la température doit *baisser* pour rétablir η_i. Ainsi $T_j < T_i$.

Conclusion. — Les conceptions exposées suggèrent de nouvelles expériences et en particulier :

1° Étendre, si possible, le domaine des températures jusqu'à $T \sim +90°$ pour mettre éventuellement en évidence les trois bandes prévues ([6]) ;

2° Pour un adsorbant donné : confronter E_m (donc la surface active) et E_c (le taux critique d'hydratation du point de rupture) déterminés par *cette méthode*, avec les quantités correspondantes obtenues par d'autres méthodes.

Les courbes $\varepsilon'' = f(T, E)$ d'une part, les données E_m et E_c d'autre part, permettront de *confirmer* ou d'*infirmer* les interprétations présentées : nous espérons que, de toute façon, celles-ci n'auront pas été inutiles.

CHIMIE MINÉRALE. — *Nouveaux essais de synthèse de l'acide nitrique à l'aide de l'énergie solaire.* Note (*) de MM. **Félix Trombe, Max Foëx** et Mlle **Charlotte Henry La Blanchetais**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les températures élevées susceptibles d'être obtenues par concentration de l'énergie solaire nous ont permis de réaliser, en 1947, à l'Observatoire de Meudon ([1]), une formation thermique du bioxyde d'azote et, par conséquent, la production d'acide nitrique, à partir de l'air ou de différents mélanges azote-oxygène. Le dispositif utilisé alors comportait essentiellement le passage du gaz dans un tube de silice transparente contenant de l'oxyde de thorium porté à haute température par rayonnement.

Les bilans énergétiques de ces premières opérations étaient très faibles (0,45 g de NO_3H par kilowattheure), en particulier parce que les débits de gaz se trouvaient insuffisants.

Ces essais ont été repris en 1950, avec la collaboration technique de

([5]) Mlle Rolland et M. Bernard, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1098.

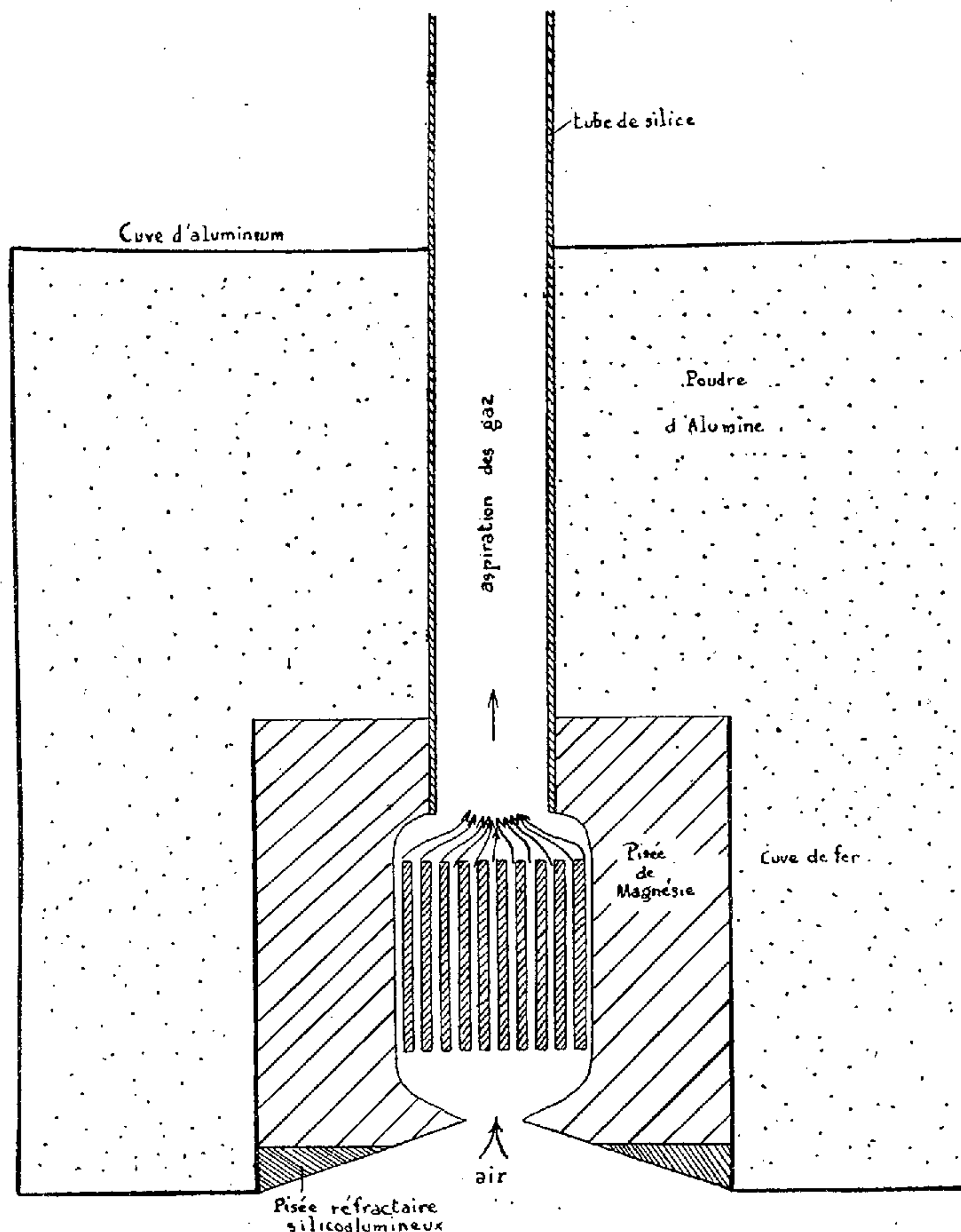
([6]) Il est intéressant de constater que les courbes publiées ([5]) *présentent effectivement l'amorce d'une troisième bande* (pour les taux d'hydratation de 21 et de 24 %) et cela dans le *sens prévu*, vers les hautes températures.

(*) Séance du 16 juillet 1951.

([1]) F. Trombe, M. Foëx et Ch. Henry La Blanchetais, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1073.

A. Pérez, et sont encore actuellement poursuivis au laboratoire de l'Énergie Solaire de Montlouis (Pyrénées-Orientales) remplaçant celui de Meudon.

Dans le but d'améliorer les rendements énergétiques de la fabrication des vapeurs nitreuses et de donner un caractère pratique à cette opération, diffé-



rents montages ont été utilisés. Un de ceux qui a donné les meilleurs résultats présente les caractéristiques suivantes :

1° le rayonnement convergent issu d'un miroir parabolique de grande ouverture orienté vers le Soleil est admis, par un orifice de faible diamètre situé au niveau du foyer, dans une cavité calorifugée ;

2° le rôle de cette cavité, qui reçoit le rayonnement par en bas et se comporte ainsi comme une cloche à gaz chauds, est de créer une grande surface d'échange entre les gaz à traiter et les parois réfractaires portées à haute température ;

3° le passage des gaz est réalisé, à travers le fond du four, par une série d'orifices de faible diamètre multipliant encore les possibilités d'échanges thermiques.

Dans l'expérience que nous décrivons particulièrement ici (*figure*), l'air et le rayonnement solaire sont admis, par un orifice de 15 mm de diamètre environ, dans une cavité de 15 cm³ constituée entièrement en céramique de magnésie. L'air est évacué par 55 canaux d'aspiration de 2 mm de diamètre et de 4 cm de longueur. Il passe ensuite sur des colonnes à silicagel suivies de colonnes à lessive de soude. Si le débit n'est pas trop rapide, le silicagel fixe, au moins à titre transitoire, à peu près tout l'azote combiné et, en particulier, le bioxyde d'azote. Il ne désorbe pratiquement, à froid, sous l'action de l'air humide, que de l'acide nitrique facilement fixé par la soude.

L'appareil précédent ne comporte aucune trempe des gaz ni aucune récupération des calories des gaz sortants. Malgré cela, les rendements énergétiques qu'il donne, tout en n'étant pas encore très élevés, sont néanmoins dix fois plus grands que ceux obtenus à Meudon. On obtient 4,5 g d'acide nitrique par heure et par kilowatt, pour un débit total de 500g d'air à l'heure. Le titre maximum de l'air en oxyde d'azote est réalisé pour un débit plus faible (200g d'air à l'heure) et atteint 1,27 %.

Le bilan thermique de l'opération est approximativement le suivant :

1° rayonnement de la cavité par son orifice : 0,25 kW (10 %);

2° échauffement de l'air à 2000°C : 0,37 kW (15 %);

3° pertes à travers les parois et la face réceptrice du four : environ 2 kW (75 %).

En raison des faibles dimensions de l'appareil et de la puissance relativement petite mise en jeu (2, 6 kW), 15 % seulement des calories sont utilisées pour échauffer les gaz, ce qui laisse espérer, pour des installations plus importantes, une amélioration considérable des rendements énergétiques.

En tenant compte uniquement de l'énergie ayant servi à porter les gaz à haute température, on obtient des rendements en acide nitrique de l'ordre de 25 g : kWh, soit un rendement environ moitié de celui que donne le traitement, à l'échelle industrielle, de l'air par l'arc électrique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La diphényl-9.10 anthraquinone-1.2.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Jean Weill-Raynal**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Description d'une nouvelle préparation de la diphényl-9.10 anthraquinone-1.2. Étude de quelques-uns de ses dérivés.

Ch. Dufraisse et J. Robert ont montré [1] que le quinol du diméthoxy-1.2 diphényl-9.10 anthracène avait la propriété de se réarranger, avec perte

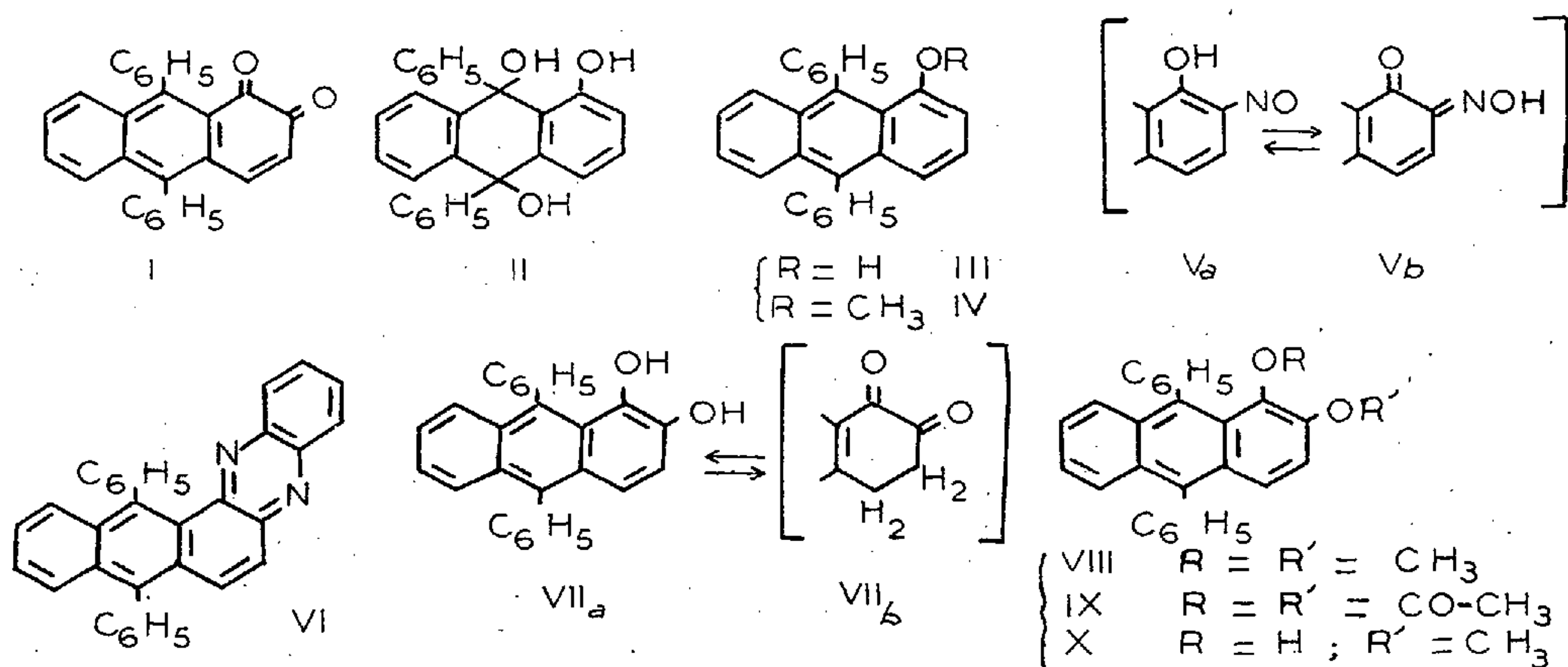
(*) Séance du 16 juillet 1951.

[1] *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 197.

d'alcool méthylique, sous l'influence de l'acide acétique chlorhydrique, pour donner la diphényl-9.10 anthraquinone-1.2, I. En vue d'étudier cette quinone, nous avons tenté d'en trouver une préparation plus directe.

On a d'abord essayé la méthode de phénylation directe de l'alizarone, par le magnésien et le lithien du bromobenzène, suivie d'une déshydratation du quinol formé, en s'inspirant de ce qui avait été fait pour obtenir la quinone isomère-1.4 ([2]). Dans notre cas, le rendement en quinone a été beaucoup trop faible pour que cette préparation ait pu être retenue.

Nous avons mieux réussi par une autre voie, à partir de l'hydroxy-1 anthraquinone. La phénylation de ce corps par le phényllithium, dans l'éther, à froid, avec broyage aux billes de verre suivant notre technique habituelle ([3]), nous a donné le quinol attendu, II, le trihydroxy-1.9.10 diphényl-9.10 dihydro-9.10 anthracène, ($C_{26}H_{20}O_3$), F_{inst} 264-265°. Celui-ci, par réduction (iodure de potassium, acide acétique) donne l'anthrol correspondant, l'hydroxy-1 diphényl-9.10 anthracène ($C_{26}H_{18}O$), F_{inst} 236°, III, lequel, méthylé, pour contrôle de sa constitution (sulfate de méthyle en présence d'alcali), nous a fourni le méthoxy-1 diphényl-9.10 anthracène, ($C_{27}H_{20}O$), F_{inst} 181°, IV, déjà décrit ([4]). Traité par le nitrite de sodium en milieu acide, l'anthrol, III, se nitrose pour donner le dérivé nitrosé en 2 (V*a*), tautomère de la monooxime-2 (V*b*), de la quinone, oxime que nous avons obtenue encore par action de l'hydroxylamine, sur la quinone ($C_{26}H_{18}O_2N$), F_{inst} 245°. Inversement, par hydrolyse, cette oxime redonne la quinone I.



L'existence, signalée antérieurement ([1]) de trois points de fusion (F_{inst} 213°, 216°, 220°) pour cette quinone I a été expliquée par un phénomène de polymorphisme : on a en effet observé que le produit présentant le double point de

([2]) A. Étienne et R. Heymes, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 14, 1947, p. 1038.

([3]) Ch. Dufraisse et A. Étienne, *Bull. Soc., Chim.*, (5), 14, 1947, p. 1042.

([4]) Ch. Dufraisse, L. Velluz et R. Demuynck, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 111.

fusion à 213 et 216°, mis en solution dans l'éther et soumis à uue évaporation lente, se séparait en deux formes cristallines, l'une orangée, F_{inst} 195°, l'autre rouge, F_{inst} 218°. Chacune d'elles, redissoute dans l'éther, redonne un mélange des deux formes, ce mélange présente alors de nouveau le double point de fusion 213-216°, donné antérieurement ([1]); après chauffage à 200° sous vide, il fond à 220°.

Quelques réactions ont été faites avec l'orthoquinone I. Tout d'abord, elle ne donne qu'une monooxime en 2 ainsi que nous l'avons dit plus haut et une mono-dinitro-2.4-phénylhydrazone ($C_{32}H_{20}O_5N_4$, F_{inst} 270°), vraisemblablement aussi en 2. L'*o*-phénylènediamine, en solution acétique à froid, conduit à une naphtophénazine angulaire, la (diphényl-1'.4' naphto-2.'3')-1.2 phénazine ($C_{32}H_{20}N_2$)F_{inst} 265°, VI.

La réduction de la quinone dans le dioxane aqueux, par le zinc et l'acide sulfurique, donne l'anthradiol-1.2 correspondant, le dihydroxy-1.2.diphényl-9.10 anthracène, VII*a*. Effectuée en suspension aqueuse, par l'hydrosulfite de sodium, la réduction donne le sel de sodium, insoluble, du même anthradiol. Celui-ci et son sel de sodium sont très instables et s'autoxydent facilement à l'air en la quinone initiale, I. Cependant des dérivés stables ont été obtenus : dérivés O-diméthylé, VIII, et O-diacétylé, IX. Le premier, F_{inst} 170°, formé par méthylation du sel de sodium au moyen du sulfate de méthyle, avait été déjà préparé antérieurement par réduction du quinol correspondant ([5]). Le second, le diacétoxy-1.2 diphényl-9.10 anthracène ($C_{30}H_{22}O_4$), F_{inst} 196°, se forme par action de l'anhydride acétique sur l'anthradiol, ainsi que par réduction acétylante (zinc et anhydride acétique) de la quinone, I.

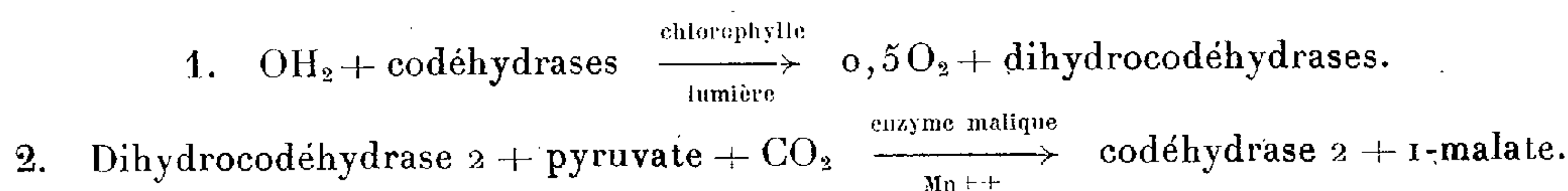
Dans le méthanol, la réduction de la quinone par le zinc et l'acide chlorhydrique, donne deux produits : le premier, qui se forme principalement pour une concentration en acide supérieure à 3 %, est un hydroxyméthoxydiphényl-9.10 anthracène ($C_{27}H_{20}O_2$), F_{inst} 177-178°, transformable par méthylation (sulfate de méthyle en milieu alcalin) en diméthoxy-1.2 diphényl-9.10 anthracène VIII; bien que les positions respectives des groupements oxhydryle et méthoxyle n'aient pas été déterminées, on a toutes les raisons de croire, par suite de l'encombrement stérique des phényles en méso, que l'on a obtenu l'hydroxy-1 méthoxy-2 diphényl-9.10 anthracène X. Avec une concentration en acide inférieure à 3 %, il se forme, en plus de celui-ci, un autre produit, incolore, isomère de l'anthradiol précédemment signalé, que nous supposons être la dicétone tautomère (VII *b*), ou dicéto-1.2 diphényl-9.10 tétrahydro-1.2.3.4 anthracène, F_{inst} 297°. Ce corps donne la même monodinitro-2.4 phénylhydrazone et la même phénazine que la quinone I, ce qui indique une grande tendance à la déshydrogénation.

(5) Ch. Dufraisse, Chr. Pinazzi et J. Baget, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 377.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combinaisons de l'acétaldéhyde avec les o-dihydropyridines* N-*substituées*. Note de M. **Jacques J. Panouse**, transmise par M. Charles Dufraisse.

Les *o*-dihydropyridines N-substituées se condensent avec l'acétaldéhyde avec élimination d'une molécule d'eau. Cette réaction présente un intérêt certain par ses incidences biologiques, en particulier dans le domaine de la photosynthèse.

Plusieurs auteurs ont récemment démontré que l'on pouvait réaliser *in vitro* la réduction photochimique des codéhydrases par les chloroplastes avec fixation couplée de CO_2 d'après les équations :

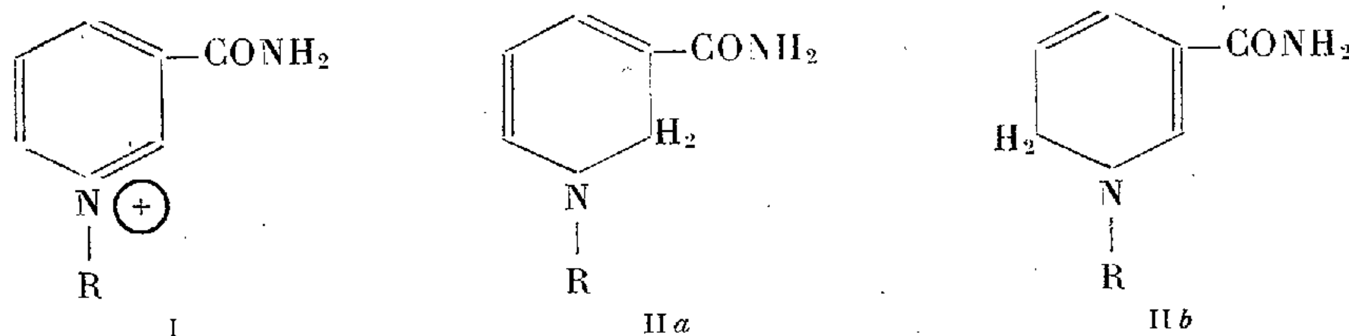


1. OH_2 + codéhydrases $\xrightarrow[\text{lumière}]{\text{chlorophylle}}$ 0,5 O_2 + dihydrocodéhydrases.

2. Dihydrocodéhydrase 2 + pyruvate + CO_2 $\xrightarrow[\text{Mn}^{++}]{\text{enzyme malique}}$ codéhydrase 2 + I-malate.

On ne sait pas encore si les équations ci-dessus représentent effectivement les premiers stades de la photosynthèse *in vivo*, mais de toutes façons ces réactions sont du plus haut intérêt ([1]). En particulier elles attribuent aux codéhydrases un rôle de premier plan dans les synthèses biologiques. Or jusqu'à ces dernières années, ces diastases étaient surtout connues comme transporteurs d'hydrogène; elles possèdent en effet dans leur molécule un groupement sel de pyridinium quaternaire (formule I) qui est facilement réduit de façon réversible en *o*-dihydropyridine N-substituée (formule II *a* ou II *b*).

A la suite de la découverte des codéhydrases, l'étude physicochimique des *o*-dihydropyridines a progressé, mais on a surtout envisagé la préparation de ces dérivés par réduction des sels de pyridinium correspondants, et leurs propriétés réductrices avec retour au composé de formule I. Les autres réactions ont été très peu étudiées; il est vrai que l'oxydabilité de ces dérivés, particulièrement marquée lorsque R est un radical aliphatique simple, rendait cette étude très délicate.

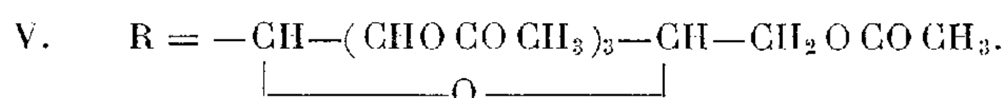


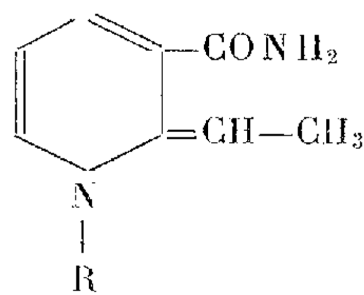
Toutefois, Ginsburg et ses collaborateurs ([2]) ont récemment publié que la

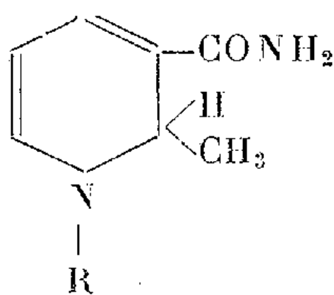
([1]) Wolf Vishniac et Severo Ochoa, *Nature*, 167, 1951, p. 768; C. J. Tolmach, *Nature*, 167, 1951, p. 948; Daniel I. Arnon, *Nature*, 167, 1951, p. 1008.

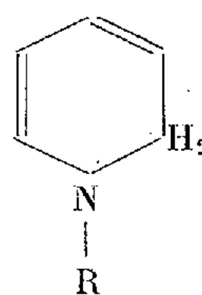
([2]) A. N. Ginsburg et A. D. Gavrikova, *Biockymya*, 12, 1947, p. 406; A. N. Ginsburg et L. S. Kleimenova, *Biockymya*, 14, 1949, p. 230.

N-méthyl-*o*-dihydronicotinamide et la dihydrocodéhydrase se combinaient à l'acétaldéhyde pour donner des produits du type III, et avec le sulfate de méthyle pour donner des composés du type IV. Les réactions se font dès la température ordinaire avec facilité. On doit tenir compte de cette très grande réactivité et en particulier de l'aptitude à donner des produits de condensation avec les aldéhydes et les cétones pour expliquer le mécanisme de la réaction 2 (*voir* ci-dessus). L'importance des travaux de Ginsburg justifie une étude plus approfondie de ces condensations. Tout d'abord, contrairement à l'opinion de cet auteur, on peut supposer que le groupement $—CONH_2$ en β ne joue qu'un rôle accessoire dans ces réactions. Pour le vérifier, nous avons voulu condenser l'acétaldéhyde avec des dérivés de l'*o*-dihydropyridine non substitués dans le noyau. A l'heure actuelle, le seul dérivé accessible de cette série est la N-tétra-acétylglucosidyl-*o*-dihydropyridine (formule V).









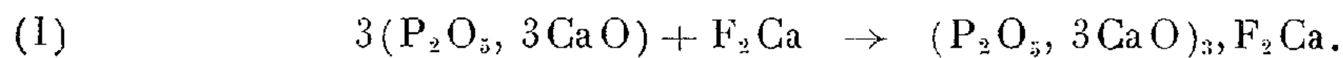
On ajoute un excès d'acétaldéhyde à 5,15 g de ce composé. Il y a dissolution complète en 10 mn; le mélange est maintenu à 23° et se colore peu à peu en brun verdâtre. L'excès d'aldéhyde est chassé sous vide après plusieurs heures; la pâte obtenue se dissout en grande partie dans l'eau chaude (alors que le produit de départ y est pratiquement insoluble). Cependant il a été extrêmement difficile d'extraire de cette fraction un produit suffisamment pur pour analyse; nous n'avons pu parvenir à ce résultat qu'en précipitant les bases à l'état de reineckate, et en purifiant soigneusement celui-ci. De la sorte nous avons obtenu 0,65 g d'une poudre rouge brique qui a été analysée après séchage sous vide poussé et réhydratation à l'air; trouvé % : H_2O 2,47; C 38,24, H 4,57, Cr 7,02. L'acétaldéhyde s'est donc uni au produit de départ avec élimination d'une molécule d'eau. En effet le produit de condensation de V avec l'acétaldéhyde a pour formule $C_{21}H_{27}NO_9$ (calculé pour $C_{21}H_{27}NO_9$, $[Cr(SCN)_4(NH_3)_2]H$, 1 OH_2; OH_2 2,32, C 38,75, H 4,46, Cr 6,87). La réaction de Ginsburg peut donc être étendue aux *o*-dihydropyridines non substituées dans le noyau.

Toutefois, il n'est pas certain que la condensation s'effectue sur le carbone en α. En effet nous avons effectué sur ce produit des réactions de dégradation qui ne peuvent être développées ici et qui nous incitent à penser le contraire.

Nous poursuivons les recherches afin de déterminer la nature exacte du composé étudié et de généraliser la réaction décrite. D'ailleurs l'acétone et la N-tétraacétylglucosidyl-*o*-dihydropyridine se condensent également, mais l'isolement d'un produit défini est rendu impossible par l'abondance des résines qui se forment dans la réaction.

MINÉRALOGIE. — *Synthèse de la fluorapatite calcique par voie sèche à partir de différents phosphates de calcium.* Note (*) de MM. **Gérard Montel** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Pierre Jolibois.

On sait que si l'on chauffe à une température supérieure à 550° environ, un mélange en proportions stœchiométriques de phosphate tricalcique et de fluorure de calcium, on obtient quantitativement de la fluorapatite



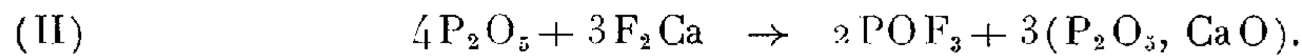
(I) $$3(P_2O_5,\ 3CaO) + F_2Ca \rightarrow (P_2O_5,\ 3CaO)_3, F_2Ca.$$

Nous avons constaté à l'aide des rayons X que l'on pouvait préparer une apatite semblable si l'on faisait réagir au-dessus de 800° le fluorure de calcium sur le métaphosphate ou le pyrophosphate de calcium, ainsi que sur le phosphate bicalcique. Le dosage des éléments de l'apatite ainsi préparée indique une teneur en fluor voisine de l'apatite normale obtenue dans la réaction (I); mais on constate qu'il est nécessaire de mettre en œuvre dans la réaction une quantité de fluorure de calcium bien supérieure à celle qui est fixée dans l'apatite (plus de trois fois).

La thermopesée en température croissante des produits pendant la réaction nous a permis de constater une perte de poids très rapide à 800° dans le cas où nous faisions réagir le fluorure de calcium sur le pyrophosphate (*fig.* 1) et à 650° environ lorsqu'il s'agit de l'action du fluorure de calcium sur le métaphosphate. Cette perte de poids est due à un départ de gaz que nous avons pu recueillir sur le mercure et analyser. Il s'agit d'un mélange de fluorures de phosphore riche en oxyfluorure POF_3.

Nous avons observé les changements d'état de ce mélange gazeux à des températures qui correspondent à celles de l'oxyfluorure : température d'ébullition, — 40°, température de fusion, — 68°. Le mélange gazeux pouvait être réduit par le carbone à 950° en produisant de l'oxyde de carbone.

On sait que l'oxyfluorure de phosphore peut être préparé ([1]) par action du fluorure de calcium sur l'anhydride phosphorique suivant la réaction



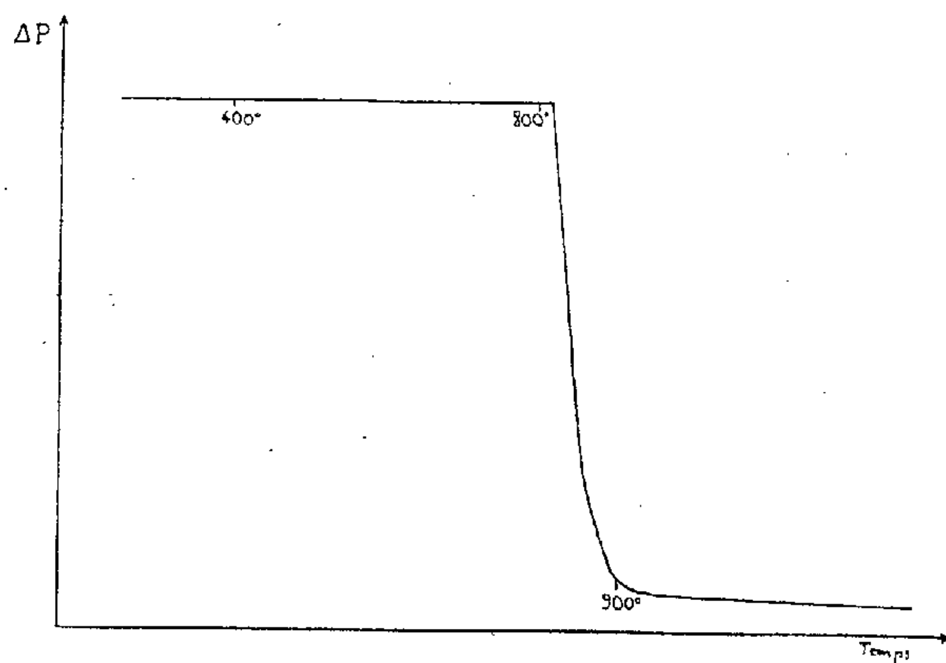
(II) $$4P_2O_5 + 3F_2Ca \rightarrow 2POF_3 + 3(P_2O_5,\ CaO).$$

Nous avons montré que cette réaction conduit successivement à la prépara-

(*) Séance du 9 juillet 1951.

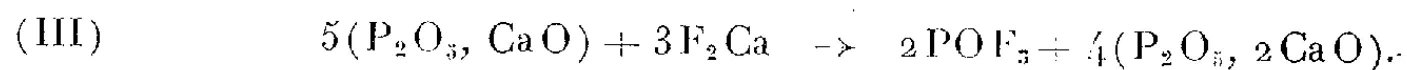
([1]) Tarbutton, Egan et Frary, *J. Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 1789.

tion de pyrophosphate, de phosphate tricalcique, puis enfin de fluorapatite. Nous avons identifié les phases obtenues au moyen des rayons X.



Courbe représentant la thermopesée de la réaction du fluorure de calcium sur le pyrophosphate du calcium.

Si l'on fait agir le fluorure de calcium sur le métaphosphate, on peut obtenir le pyrophosphate au-dessus de 650° suivant la réaction



(III) $$5(P_2O_5, CaO) + 3F_2Ca \rightarrow 2POF_3 + 4(P_2O_5, 2CaO).$$

Enfin, si l'on fait réagir le fluorure de calcium sur le pyrophosphate on obtient, par une réaction du même type, le phosphate tricalcique, qui donne immédiatement, d'après la réaction (I), la fluorapatite; celle-ci se trouve donc être le terme final de tous ces systèmes chimiques.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Considérations générales sur la défense des côtes meubles. Les ouvrages de protection de la plage de Faraman.* Note (*) de MM. **André Rivière**, **André de Rouville**, **Agricol Jullien** et Mme **Lucien Razavet** née **Christiane Duboul**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

L'un d'entre nous (A. Rivière) a montré que la formation des rides sous-marines littorales pouvait être interprétée comme un dépôt sédimentaire résultant de la diminution de l'agitation en bordure de la zone de transfert intense correspondant au déferlement et à l'agitation maxima. Nous avons constaté sur des côtes stables (Fréjus), sur des côtes en voie de régression (Faraman), ou de progression (Beauduc), que des atterrissements déviant fortement les lames par réfraction se produisent, parfois, entre le rivage et la première ride sous-marine littorale. La formation de

(*) Séance du 16 juillet 1951.

ces accidents paraît généralement tirée d'un accroissement local et fortuit, souvent assez faible, de l'obstacle constitué par la ride littorale et peut-être considérée comme un effet de tombolo classique. Souvent, le tombolo ainsi constitué reste coupé par un chenal, parfois très étroit, parcouru par un courant littoral. Confirmant le point de vue précédent, ces faits montrent que sur les côtes meubles, où la charge des eaux est généralement voisine de leur capacité de transport, une diminution modérée de la turbulence peut provoquer (même lorsque la côte est en voie d'érosion) des atterrissements locaux d'ailleurs limités par l'établissement d'un équilibre entre la masse sédimentaire déposée et celle qui est en voie de transit.

Ces faits conduisent, quant au problème de la défense des côtes meubles, à des conceptions sensiblement différentes de celles sur lesquelles on se base généralement.

Le plus souvent en effet, on essaie de protéger le rivage en cherchant à arrêter définitivement les sédiments en transit littoral au moyen d'épis obliques ou normaux au rivage.

Souvent efficaces, ces épis se montrent parfois inutiles voire même nuisibles (côte Est de l'Angleterre). Les observations faites sur la côte vendéenne, les données recueillies sur la côte Nord du Golfe de Fréjus et sur la côte de Faraman, nous conduisent à penser que cette inefficacité est liée non seulement à un ralentissement exagéré du transfert littoral (interprétation classique), mais surtout au fait qu'il s'agit de zones dans lesquelles pour une raison ou une autre, les phénomènes de dispersion au large sont particulièrement intenses vis-à-vis des apports. Dans ces zones, il peut même arriver que l'accumulation des sédiments au vent des épis et les remous de vagues provoqués par ceux-ci, accroissant les phénomènes de dispersion, aggravent sinon l'attaque de la côte que l'on a voulu protéger, du moins celle des zones situées sous le vent des ouvrages.

Des solutions plus générales du problème de la protection d'un littoral (*voire* de la reconstitution des plages) semblent pouvoir être trouvées non plus en essayant de provoquer un arrêt problématique des sédiments en transit, mais au contraire en recherchant simplement une diminution de l'agitation amenant des atterrissements, mais en évitant le blocage du transit (ainsi que tout rejet au large susceptible de favoriser la dispersion).

Le moyen le plus simple pour y parvenir est la création d'obstacles submergés ou non, plus ou moins continus, parallèles au rivage et ce procédé est parfois utilisé avec succès. Son efficacité semble devoir être limitée en raison de la rapidité que prennent parfois les courants littoraux au voisinage de la côte sous l'effet des vagues et des vents obliques, particulièrement lorsque existent des obstacles parallèles au rivage (rides sous-marines en particulier). Il semble donc que l'on puisse améliorer leur efficacité en complétant les obstacles frontaux par des dispositifs trans-

versaux situés entre eux et la côte (par exemple des lignes de pieux) et capables de ralentir ces courants sans les arrêter. Des atterrissements se formeront ainsi sans provoquer de rejet des sédiments vers le large, c'est-à-dire sans favoriser la dispersion, le transit continuant à se faire, bien que localement ralenti, entre les obstacles frontaux et la côte.

On peut imaginer, suivant les circonstances, de nombreuses solutions basées sur l'emploi combiné *d'obstacles frontaux* immergés ou non et d'obstacles transversaux perméables. Certaines d'entre elles peuvent rappeler les épis en T, mais s'en différencient en ce qu'elles évitent d'interrompre la circulation littorale des sédiments en arrière des obstacles frontaux.

Les dimensions à donner à de tels ouvrages peuvent sans doute s'accommoder d'une assez grande latitude, mais il semble qu'il y ait intérêt à ce que les obstacles frontaux soient établis à une certaine distance de la côte voisine de celle de la première ride littorale (pour un gros temps moyen), de manière à tenter de ramener dans la zone de bordure, une partie du transit littoral correspondant à cette ride.

La côte de Faraman fournit une bonne vérification expérimentale de cette théorie, car les épis à claire voie restés inefficaces, ont fixé des pointes sableuses étendues à partir du jour où l'un de nous (M. Jullien, ingénieur de la Compagnie Salinière de la Camargue), ayant remarqué que les ruines de l'ancien phare de Faraman avaient notablement retardé la marche de l'érosion de la côte fit compléter les épis préexistants par des enrochements, qui ont d'ailleurs l'avantage de protéger l'extrémité distale de ces ouvrages.

Une bonne tenue de ces massifs d'enrochements reposant sur fond de sable, a été obtenue en donnant à leur talus une pente de 7 de base pour 1 de hauteur, suivant les indications données par M. A. de Rouville.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence de microorganismes (Hystrichosphères) dans les schistes ordoviciens du Finistère.* Note de (*) M. **Jean Deunff**, transmise par M. Alexandre Bigot.

Appartenant aux genres *Hystrichosphæridium* Defl. et *Micrhystridium* Defl., ces microorganismes sont fossilisés à l'état de matière organique et leur morphologie a été en général parfaitement respectée. Leur étude systématique enrichira nos connaissances sur la distribution et la diversité des formes du microplancton silurien.

Au cours de l'étude des formations primaires du Finistère, j'ai découvert dans les nodules siliceux des schistes à Calymènes de la presqu'île de Crozon (plage du Veryach'), à la base des Grès de Kermeur de l'Ordovicien supérieur, une microfaune relativement riche, constituée en majeure partie

(*) Séance du 9 juillet 1951.

d'organismes appartenant au groupe des Hystrichosphæridés (¹). J'ai constaté, par la suite, que les schistes eux-mêmes étaient également fossilifères.

A la suite des travaux de M. G. Deflandre sur les Hystrichosphères du Silurien et du Carbonifère de la Montagne Noire (²) et des études de M. A. Eisenack concernant les formations ordoviciennes des schistes du Rhin (³), la présence d'un tel microbios dans ces schistes à Calymènes apporte une nouvelle contribution à l'étude de la répartition et de la variation des formes planctoniques primaires actuellement connues.

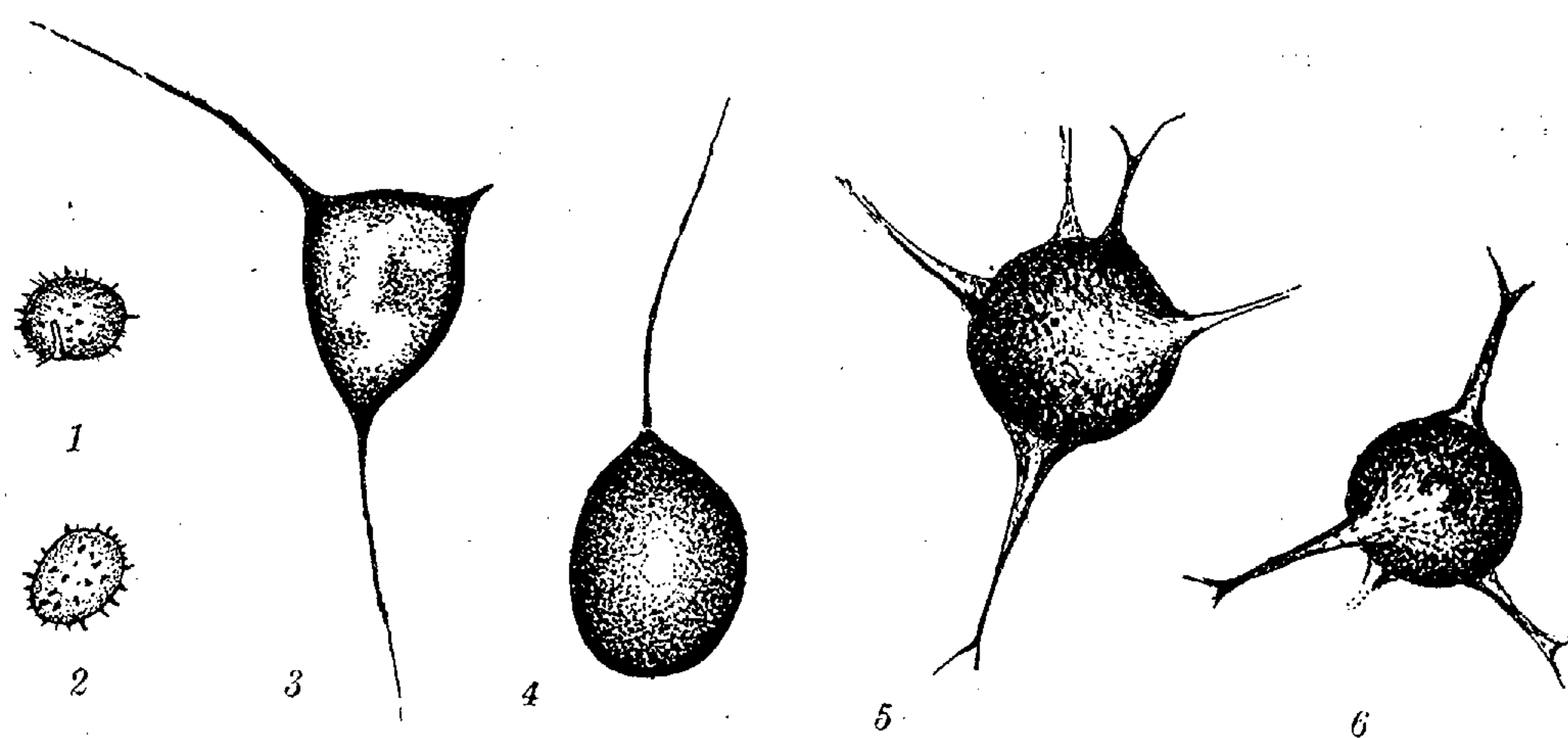


Fig. 1 à 6. — Hystrichosphères de l'Ordovicien du Finistère. 1 et 2, *Micrhystridium nannacanthum* Defl.; 3, *Hystrichosphæridium trisulcum* n. sp.; 4, *H. monacanthum* n. sp.; 5 et 6, *H.* cf. *ramusculosum* Defl. Figures 1-2 et 5-6, grossissement 1000 environ; figures 3-4, grossissement 450 environ.

Un examen rapide de ces microfossiles a permis de noter tout d'abord une abondance de types dont la taille oscille généralement entre 10 et 100 μ avec fréquence maximum entre 15 et 30 μ. La présence simultanée d'individus de taille très dissemblable avait déjà été remarquée dans les calcaires siluriens de la Montagne Noire, mais non, jusqu'à présent, dans les nodules des schistes du Rhin. Ce fait apportera peut-être des éclaircissements sur la coexistence de ces espèces du microplancton et de leur répartition; c'est, en effet, la première fois que l'on signale des représentants du groupe des

(¹) Certains indices me font penser que les Chitinozoaires ne sont pas absents dans ces roches.

(²) G. Deflandre, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 475; *Ann. Paléont.*, 31, (1943), 1946, p. 41-75; *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 515.

(³) A. Eisenack, *Senckenbergiana*, 21, 1939, p. 135-152.

Hystrichosphæridés dans les formations primaires de bordure de l'Ouest de l'Europe (⁴).

A première vue, notre microfaune se rattacherait à celle de la Montagne Noire par ses formes minuscules (*Micrhystridium nannacanthum* Defl., *fig.* 1-2; *Hystrichosphæridium* cf. *ramusculosum* Defl., *fig.* 5-6); elle en diffère toutefois par la présence d'espèces plus développées, qui, par ailleurs, ne semblent guère apparentées aux organismes des schistes du Rhin. Parmi les exemplaires dont l'envergure atteint ou dépasse 100 μ, citons : *Hystrichosphæridium trisulcum* n. sp. (*fig.* 3), très fréquente et bien distincte d'*H. trispinosum* Eis.; *H. monacanthum* n. sp. (*fig.* 4), à corps ovoïde et longue corne arquée. Il est probable que l'étude des nombreuses Microhystrichosphères apportera un certain contingent de formes nouvelles. La plupart de ces organismes sont admirablement fossilisés dans les nodules siliceux et apparemment bien préservés aussi dans les schistes malgré leur faciès un peu gréseux. Dans l'ensemble, l'impression de richesse qui se dégage de mes premiers examens, laisse présager un matériel d'étude particulièrement favorable.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la culture* in vitro *de prothalles de* Lycopodium cernuum. Note de MM. **Ralph H. Wetmore** et **Georges Morel**, présentée par M. Roger Heim.

Bien que la découverte des gamétophytes de *Lycopodium* remonte à près de 75 ans et que ceux de certaines espèces aient été parfaitement décrits à la suite des patientes recherches de Treub, Bruchmann et Holloway, ces prothalles sont d'une rareté telle que tous les auteurs qui en ont rencontrés fortuitement dans la nature ont jugé bon de le signaler.

Les essais tentés jusqu'à ce jour pour les obtenir à partir de spores ont été presque constamment négatifs. Leur physiologie est très mal connue : on sait seulement que, dans les conditions naturelles, ils sont constamment associés à un Champignon endophyte à thalle non cloisonné, que l'on n'a jamais réussi à cultiver non plus.

Dans le but de préciser certains points de leur physiologie, nous avons cherché à obtenir le développement *in vitro* de gamétophytes de *Lycopodium cernuum* L. Des spores de cette espèce, provenant de Floride et de Buitenzorg (Java), ont été stérilisées à l'aide d'hypochlorite de calcium et ensemencées aseptiquement sur l'une des solutions minérales utilisées par

(⁴) M. Deflandre m'a montré quelques Hystrichosphères trouvées par lui dans les calcaires gothlandiens de Feugerolles (Calvados); leur mauvais état de conservation n'a pas permis de les étudier avec la précision désirable.

Knudson [1] au cours de ses recherches sur la culture d'embryons d'Orchidées. Cette solution contenait 2 % de glucose. Les cultures ont été placées dans une salle à la température de 24° éclairée 12 h par jour par des tubes luminescents du type « lumière du jour ». Au bout d'un mois, les premières divisions cellulaires étaient visibles au microscope.

Les prothalles ont continué à se développer, lentement au début; deux mois plus tard, chacun d'eux comprenait environ une cinquantaine de cellules. Ils ont été alors repiqués sur le même milieu, qui avait été alors solidifié par addition de 0,9 % de gélose. La croissance s'est poursuivie et, au bout de six mois, les colonies formaient des masses globuleuses entièrement indifférenciées, d'environ 15 mm de diamètre. Celles provenant de Floride étaient vert foncé tandis que celles qui venaient de Java étaient incolores. Les premières ont alors commencé à se différencier, en produisant des rhizoïdes et en formant en dehors du milieu de culture de petits arbuscules coralloïdes où se sont produits des anthéridies, puis des archégones, et dans certaines cultures nous avons même obtenu de jeunes sporophytes. Les secondes ont continué à former des masses de parenchyme incolore pendant plus d'un an, date à laquelle certaines colonies sont devenues chlorophylliennes et se sont différenciées comme les premières, tandis que d'autres restaient incolores et indifférenciées.

Nous avons cherché quelle pouvait être l'origine de cette différence de comportement. Pour cela, certains prothalles verts et différenciés des deux souches ont été repiqués sur un milieu contenant de l'acide naphtylacétique à la concentration de 10^{-7}. Sur ce nouveau milieu, tous les explantats ont fourni des masses de parenchyme indifférencié, très peu chlorophylliennes, analogues aux cultures issues de spores de Java avant leur transformation. Sur ce milieu, ces tissus de gamétophyte ont continué à s'accroître rapidement sans se différencier depuis plus de huit mois au cours desquels ils ont subi quatre repiquages.

Les gamétophytes normaux des deux souches, par contre, prolifèrent vigoureusement sur des milieux sans auxine tout en conservant leur morphologie; ajoutons qu'ils sont capables de se développer normalement, quoique plus lentement, sur des milieux dépourvus de sucre.

En résumé, ces recherches montrent :

1° qu'il est possible d'obtenir aseptiquement *in vitro* le développement normal et la culture indéfinie des prothalles de Lycopodes qui, dans la nature, ne se développent qu'en présence de Champignons endophytes;

2° sous l'action de l'hétéroauxine, ces gamétophytes se transforment en masses de parenchyme indifférencié analogue à celles que l'on obtient en cultivant les tissus des plantes supérieures.

---

[1] *Bot. Gaz.*, 73, 1922, p. 1-25.

PHYSIOLOGIE. — *L'Évolution des Érythrocytes au contact de l'oxygène de l'air et l'origine des microcythémies.* Note de MM. **Pierre Brocq** et **Théodore Stéphanopoli**, transmise par M. Léon Binet.

Le sang conservé en milieu oxygéné devient le siège d'une anisocytose réelle, qui s'affirme dans le sens d'une microcytose par le fait d'un bourgeonnement des Érythrocytes normaux. Chez l'être vivant, les microcythémies procèdent d'un semblable mode de multiplication; leur développement est intra-vasculaire, en rapport avec le régime respiratoire, et s'avère un caractère universel des régénérations sanguines.

Une série de recherches sur le métabolisme énergétique des tissus cellulaires nous conduit à admettre l'existence dans le sang circulant de deux catégories fonctionnelles de globules rouges, qui se distinguent, chez l'ensemble des vertébrés, par leurs teneurs respectives en peroxydases ([1]). La différenciation observée est d'ordre enzymatique; elle se rapporte à des états opposés de maturation et de jeunesse ou de reproduction. Hors des vaisseaux, et maintenus dans des conditions convenables de nutrition, les Érythrocytes nucléés des Ovipares évoluent en présentant des irrégularités de forme qui se traduisent par un développement, de jour en jour prédominant, de microcytes. De même, les Érythrocytes anucléés des Vivipares. Le fait est général, constant, et revêt la signification d'une multiplication des éléments de la série rouge par bourgeonnement au contact de l'oxygène de l'air ([2]). Les deux catégories d'Érythrocytes déjà différenciées par leurs ferments d'oxydation se distinguent, de ce chef, par leur lieu d'origine et leur évolution.

In vivo, les petites hématies apparaissent de fidèles témoins des réparations sanguines; les démonstrations de Vulpian ([3]) et de Hayem ([4]), ici, se confirment. La relation des polyglobulies microcytaires avec les besoins ou les ressources en oxygène des organismes vivants doit retenir, d'autre part, notre attention. Un exemple classique nous en est donné par la microcythémie du nouveau-né, dont le brusque essor coïncide avec l'expansion de l'hématose.

Dans les anémies expérimentales un certain état d'anoxhémie est la règle, et cette condition commande, du côté des globules rouges, une prompte augmentation de la prise en charge de l'oxygène respiratoire : les polyglobulies post-hémorragiques sont précocement déterminées par une contraction réflexe des organes réservoirs en réponse au déficit fonc-

---

([1]) P. Brocq et Th. Stéphanopoli, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 800.

([2]) P. Brocq et Th. Stéphanopoli, *Soc. Franç. d'Hématol.*, Déc. 1950, Notes I, II et III.

([3]) *Comptes rendus*, **84**, 1877, p. 1279.

([4]) *Comptes rendus*, **84**, 1877, p. 1800; *Arch. de Physiol. norm. et path.*, 1879, I-III.

tionnel ([5]); la déshydratation peut en accroître ou en précipiter la manifestation. Mais l'afflux des microcytes étant corrélatif et toujours des plus nets, la réaction de défense comporte nécessairement une prolifération complémentaire, dont l'ampleur n'est point expliquée par l'hémopoïèse médullaire. Nous concevons qu'en un premier temps la spléno-contraction répande dans la circulation une réserve d'hématies de première génération, préfigurées par des réticulocytes ou des macrocytes, et qu'en un second temps, à la faveur de l'hématose qui les conduit à maturité, les éléments affluents se multiplient eux-mêmes suivant le mode de reproduction observé *in vitro*. La réaction de défense se compléterait donc par l'apparition de formes de bourgeonnement capables d'offrir une plus large surface à l'oxygénation, et capables, aussi, de mettre en œuvre, au sein des nouvelles hématies, des ferments respiratoires nettement distints de l'hémoglobine.

L'expérience nous montre que le sang veineux, toujours moins riche en microcytes que le sang artériel, ne se peuple de ces petits Érythrocytes qu'en présence de l'oxygène et proportionnellement à l'importance du régime aérien. Fait très significatif : *La remise en émulsion et le transvasement du sang cultivé, qui a été conservé plusieurs jours dans un milieu nutritif, font augmenter de facon considérable, à la faveur de l'oxygénation nouvelle, le volume globulaire mesuré après sédimentation.* Un actif bourgeonnement nous donne l'explication de ce phénomène, dont l'analogie est la plus frappante avec la reviviscence que Pasteur se plaisait à faire observer dans ses cultures de Levures à la suite d'un simple passage à l'air ([6]).

Chez l'animal, la respiration en milieu suroxygéné entraîne une hyperglobulie et une hémoconcentration à ce point élevées qu'il se produit une congestion des poumons, congestion intense qui s'étend aux viscères, puis aux organes périphériques, et qui n'est point un phénomène de stase ([7]). Le constant essor d'une microcytose atteste un accroissement réel du nombre des hématies, qui, dans le cas, est extrême, et qui n'est bien constaté que dans l'appareil vasculaire. Les récentes observations de L. Binet ([8]) à propos de l'influence exercée par l'oxygène pur sur des personnes choisies parmi les travailleurs intellectuels ont fait ressortir une succession de troubles sévères, torpeur, abattement, déséquilibre neurosensoriel, qui alternent avec de courtes périodes d'activité, et cette physiopathologie dénonce des désordres circulatoires de même sens.

([5]) L. Binet, *Th. Sc.*, Paris, 1929.

([6]) L. Pasteur, *Études sur la bière*, Chap. VII, 1876; *Œuvres compl.*, V, 1928.

([7]) Ch. Achard, L. Binet et A. Leblanc, *J. de Physiol. et de Pathol. gén.*, XXV, nos 3, 1927, p. 489-494.

([8]) L. Binet, M. Strumza et Lévy, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1527.

Le syndrome des microcythémies ne traduit point une dégénérescence ou une viciation de l'hémopoïèse, mais il est, en réalité, une réaction de défense, qui est essentielle et qui s'effectue, sous l'influence d'une menace d'anoxhémie, parallèlement à la chasse vaso-constrictive de la masse sanguine en réserve dans un organe de secours comme la rate, par un mode de reproduction de nature à accroître au maximum l'action des ferments respiratoires et successivement de l'hématose. La régénération ainsi définie se développe dans les vaisseaux en présence de l'oxygène atmosphérique et sous les aspects réguliers d'un bourgeonnement des Érythrocytes parvenus à maturation.

MICROBIOLOGIE. — *Changements de propriétés biochimiques et morphologiques des bactéries lactiques de l'ensilage. I. Conditions de la transformation.* Note de M. **Benoît Wurtz** et M[lle] **Rolande Mursch**, présentée par M. Roger Heim.

L'étude des propriétés morphologiques et biochimiques d'une souche de *Streptobacterium plantarum* a donné lieu aux observations suivantes. Isolées sur gélose ordinaire à partir d'un échantillon de luzerne ensilé depuis un an, ces bactéries lactiques se présentent sous forme de coccobacilles et diplobacilles, souvent associés en courtes chaînettes, immobiles, fortement Gram positifs. Cultivées en bouillon peptoné glucosé à 1 %, à 22°-24° C, elles provoquent dès la 15e heure, l'apparition d'un trouble uniforme, avec formation d'acide lactique amenant rapidement le milieu à une réaction comprise entre pH 3,8 et 4,0. L'odeur de ces cultures est aromatique. En repiquant ces germes successivement sur gélose ordinaire, puis sur des milieux pauvres dont l'élément nutritif est constitué par des sucs de plante stérilisés (luzerne), il a été possible d'isoler, dans un certain nombre de cas, à partir d'une culture issue d'une colonie unique de bactéries lactiques, des bacilles présentant des caractères morphologiques et biochimiques très différents de ceux du *Sbm. plantarum.* Ce sont des bacilles et diplobacilles assez polymorphes, Gram négatifs, renfermant des granulations qui fixent plus fortement les colorants (aux pôles), extrêmement mobiles, jamais associés en chaînettes. Cultivés en bouillon, à 22°-24° C, ils provoquent dès la 15e heure, l'apparition d'un voile important, suivie plus ou moins rapidement d'un trouble général du milieu. Le pH atteint en bouillon peptoné après 48 h est compris entre 8 et 9; sur bouillon peptoné glucosé, entre 5,2 et 7. Au-dessous de pH 4,8 ces germes ne se développent plus. Les cultures en bouillon peptoné dégagent une très mauvaise odeur, indice d'une protéolyse intense. La réaction générale des acides-alcools (au $FeCl_3$) faite sur un extrait éthéré d'une culture en bouillon glucosé est négative : il ne se forme donc pas d'acide lactique. L'obtention de ces

germes que nous appelons provisoirement *protéolytiques* pouvait être considérée à première vue soit comme le résultat d'une contamination, soit comme une dissociation de la culture initiale de bactéries lactiques qui serait en réalité mixte et formée de deux types d'organismes vivant en symbiose. L'existence d'une telle association « lactiques-protéolytiques » avait déjà été affirmée par Gibshman [1]. Cette interprétation était d'autant plus plausible que l'obtention des formes protéolytiques à partir des lactiques n'est, de loin, pas systématique. Les essais suivants nous ont conduits, par contre, à admettre que les formes protéolytiques dérivent des lactiques, vraisemblablement par suite de modifications dans leur équipement enzymatique.

On ensemence 100 cm^3 de bouillon peptoné glucosé à 1 %, à pH 6, avec la souche lactique. On arrête la culture après 19 h d'incubation à 22° : le pH atteint est de 3,9. On centrifuge pendant 20 mn à 6 000 tours. Le bouillon surnageant, parfaitement limpide, est additionné de 1 % de glucose, ramené à pH 6, réparti en 3 fioles et stérilisé par chauffage à l'autoclave pendant 45 mn à 120-130°.

Après refroidissement, 2 fioles sont ensemencées avec la souche protéolytique (obtenue à partir d'une colonie unique), la 3e sert de témoin.

Après 48 h d'incubation à 22 °C, on prélève la 1re fiole : le milieu est recouvert d'un voile léger, l'odeur est agréable.

Les germes se présentent sous forme de diplobacilles immobiles, dont la plupart sont Gram négatifs, mais dont certains sont Gram positifs et présentent l'aspect typique des bactéries lactiques. De plus, le pH atteint : 3,9 à 4,3, est sensiblement au-dessous du pH d'arrêt de la forme protéolytique.

Cette acidification est due à la production d'acide lactique comme le révèlent les dosages (compte tenu, bien entendu, de la quantité déjà existante dans le milieu et produite par la culture des lactiques). Cette production d'acide lactique, par la forme protéolytique, est importante, puisqu'elle atteint, d'un essai à l'autre, des taux allant de 70 mg à 167 mg d'acide lactique pour 100 cm^3 de milieu.

En conclusion, en se développant dans un milieu renfermant les productions du métabolisme lactique, la forme protéolytique subit une transformation inverse de celle qui lui a donné naissance. La possibilité *de reproduire systématiquement ce phénomène* confirme la parenté existant entre les formes lactiques et protéolytiques.

---

(1) *Microbiologia S. S. S. R.*, 14, 1945, p. 403.

IMMUNOLOGIE. — *L'agglutinine anti-Gallus du sérum humain dans les pneumonies atypiques à virus.* Note (*) de MM. **Félix Lucam** et **Henri Boucher**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

M[lle] Tétry ([1]) trouve que 10 à 13 % des sérums humains normaux ont la propriété d'agglutiner les globules rouges de Poulets, principalement ceux de la race Leghorn dorée.

A. Eyquem ([2]), effectuant des recherches analogues, précise, par des titrages, les taux d'agglutination, qui parfois sont très élevés (1/320 à 1/2400); de plus, la courbe d'agglutination lui paraît semblable à celle de l'agglutinine froide.

Au cours des études étiologiques effectuées par l'un de nous ([3]), à propos d'une épidémie de pneumonie atypique primitive, il a été constaté que le sérum de certains malades agglutinait les globules de Poule commune, à la température du laboratoire (18°). Chez onze sujets, en effet, nous avons trouvé 8 fois une agglutinine anti-Gallus. A quelques exceptions près, le phénomène n'existait que chez les sujets porteurs d'agglutinines à froid; par ailleurs, le taux d'agglutination anti-Gallus était en général plus faible que celui de l'agglutinine à froid.

En outre, les courbes de l'agglutinine anti-Gallus et de l'agglutinine à froid, ont été analogues dans les cas 2 et 9, mais la première, n'accompagnant pas automatiquement la seconde (cas 4 et 10), il est permis de penser qu'elle possède peut-être une indépendance réelle (*voir* tableau).

Devant ces résultats nous avons étudié le pouvoir agglutinant du sérum de 10 sujets supposés normaux, aux températures de + 4, + 18 et + 37°. Nous n'avons pas rencontré d'agglutination anti-Gallus.

Nous avons poursuivi nos recherches dans le même sens, à l'occasion de petites épidémies de pneumonie atypique à virus connus ([4]) (huit cas d'Ornithose, quatre cas de pneumopathie grippale, 1 cas de Q. Fever ([5]). Chez 13 sujets examinés, les taux d'agglutination anti-Gallus se sont montrés nuls ou si faibles, qu'ils n'ont pas de signification.

(*) Séance du 9 juillet 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 231.

([2]) Communication orale.

([3]) H. Boucher et coll., *Lyon Méd.*, n° 31 32, 1950, p. 66; *Presse Méd.* n° 61, 1950, p. 1084; R. François, *Thèse*, Lyon, 1950, p. 1001, Vigot. édit. Paris.

([4]) H. Boucher et coll., *Soc. Med. Hôp.*, Lyon, 1951, à paraître à *Lyon Médical*, 1951.

([5]) Les diagnostics virologiques ont été établis par les Docteurs P. Lépine et P. Giroud de l'Institut Pasteur.

Noms.	Dates.	Taux de l'agglutinine à froid.	Taux de l'agglutination des globules de poule.	Autres perturbations sérologiques.
1. Laur......	3 Avril 1950	1/20	1/10	B.W. + biologique
2. Ham......	11 » 50	1/640	1/160	0
	24 » 50	1/80	1/40	0
3. Sel.......	24 » 50	Non effectué	1/10	B.W. + biologique
	2 Mai 50	1/160	1/80	»
4. Heb......	17 Avril 50	0	1/10	B.W. + biologique
5. Bar.......	24 » 50	1/20	1/5	»
	2 Mai 50	0	0	»
6. Perr......	17 Avril 50	0	0	B.W. + biologique
	24 » 50	0	0	»
	25 Mai 50	0	0	0
7. Pau......	15 » 50	0	0	B.W. + biologique
	22 » 50	0	0	»
	30 » 50	0	0	Non pratiqué
8. Cor.......	26 Avril 50	0	0	B.W. + biologique
9. Dup......	18 Déc. 50	1/80	1/40	»
	3 Janv. 51	1/80	1/80	»
10. Bour.....	3 » 51	0	1/40	–
	10 » 51	1/40	Non pratiqué	B.W. + biologique
11. Rey.......	3 » 51	0	1/40	»

Conclusions. — L'agglutinine anti-Gallus ne paraît exister que dans la pneumonie atypique primitive. Elle se distingue de l'agglutinine à froid. Ses caractéristiques la rapprochent de l'agglutinine T, bien que ses taux soient beaucoup plus faibles. L'avenir dira si cet anticorps peut aider au diagnostic biologique de la pneumonie atypique à virus inconnu et faciliter son démembrement.

La séance est levée à 15 h 45 mn.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1951 (*suite et fin*).

Extraits des *Annales des mines de Belgique*. T. XIII, 1908. *Sur la valeur pratique du problème de Pothenot*. T. XIV, 1909. *Étude sur des influences magnétiques constatées dans les boussoles de mines*. T. XXI, 1920. *Précision de la méthode du quadrilatère dans l'orientation des levés souterrains par deux fils à plomb*, et *Le rattachement d'un leve souterrain par trois fils à plomb*, par Marcel Dehalu. Bruxelles; 4 fasc. 24 cm.

Résultats préliminaires des observations magnétiques effectuées en Afrique à l'occasion de la mesure d'un arc au 30e méridien dans le voisinage de l'Équateur, par Marcel Dehalu et G. Wangermée. Bruxelles, Hayez, 1909; 1 fasc. 22,5 cm.

Considérations sur la confection de la carte et du cadastre de notre colonie, par Marcel Dehalu. Bruxelles, V. Féron, 1911; 1 fasc. 22 cm.

Le rôle de la télégraphie sans fil dans la cartographie coloniale, par Marcel Dehalu, in *Le mouvement géographique*, n° 50, du 10 décembre 1911; 1 feuille 42 cm.

La station scientifique de la baraque Michel (*point culminant de l'Ardenne*), par Marcel Dehalu. Bruxelles, Hayez, 1924; 1 fasc. 25 cm.

Les prospections géophysiques, par Marcel Dehalu, in *Revue universelle des mines*, 1937. T. XIII. N° 5. Liége, Imprimerie de l'Académie, 1937; 1 fasc. 30 cm.

Les nouveaux instituts de la Faculté technique et les aménagements du bâtiment principal, par Marcel Dehalu. Liége, Imprimerie de l'Académie, 1930; 1 fasc. 25,5 cm.

Notice sur les travaux scientifiques de Polydore Swings, par Marcel Dehalu, in *Alumni*. T. XVII, 1948, n° 6. Bruxelles; 1 fasc. 22,5 cm.

Topographie, par Marcel Dehalu, in *Revue universelle des mines*; 1 fasc. 30 cm.

Sur un procédé optique de rattachement d'un levé de surface à un levé souterrain et son application aux mesures micrométriques d'étoiles doubles, par Marcel Dehalu.

Extraits du *Bulletin de la Société belge d'astronomie*. N° 12, 1902. *Emploi des règles de Bauernfeind en géodésie*. N° 11, 1903. *Sur la différence de déclinaison magnétique entre Bruxelles et Liége*. N° 2, 1904. *Une vérification élémentaire de la loi de probabilité*. N° 12, 1906. *Expériences faites au baromètre George*, par Marcel Dehalu. Bruxelles, Société belge d'astronomie; 4 fasc. 25,5 cm.

La figure de la Terre et la théorie de l'isostasie d'après les mesures de l'intensité de la pesanteur, par Marcel Dehalu. Extrait de *Ciel et Terre, de la Société belge d'astronomie, de météorologie et de physique du globe*. Bruxelles, 54e année, 1943; 1 fasc. 24 cm.

Extraits du *Bulletin* de l'Académie royale de Belgique. N° 6, 1912. *Observations de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912, faites à l'équatorial de l'Observatoire de Cointe*, par Marcel Dehalu. N° 6, 1920. *Nouvelle mesure de la base géodésique de Lourmel*, par Marcel Dehalu. Nos 10 et 11, 1927. *On demande une contribution à la résolution des problèmes à symétrie axiale en relativité générale*, par Marcel Dehalu. N° 4, 1928. *Sur le problème des orbites*, par R. H. J. Germay. Nos 4 et 5, 1940. *L'orage magnétique des 24 et 25 mars 1940 enregistré à la station magnétique de Manhay*, par Marcel Dehalu et L. Koenigsfeld. T. XXVII. 1941. *La figure de la Terre et la théorie de l'isostasie d'après les mesures de l'intensité de la pesanteur*, par Marcel Dehalu; 6 fasc. 25 cm.

Extraits du *Bulletin de l'Institut royal colonial belge*. T. VII, n° 1, 1936. *La station magnétique d'Elisabethville*. N° 3, 1936. *La prospection géomagnétique à l'aide des nouveaux magnétomètres*. La Cour (Copenhague). T. IX, n° 1, 1938. *Le laboratoire de photogrammétrie de l'Université de Liége*. T. XVII, n° 3, 1946. *La recherche scientifique au Congo belge, son passé, son avenir*. T. XVIII, n° 1, 1947. *Le général G. F. Perrier* (28 octobre 1872-16 février 1946), par Marcel Dehalu. Bruxelles, Hayez; 5 fasc. 25 cm.

Où Gassendi l'emporte sur Descartes : l'histoire véritable de Montesquieu, par Marie-Louise Dufrenoy. Extrait de la *Revue trimestrielle canadienne*, 1950-1951 ; 1 fasc. 22,5 cm.

The significance of antimony in the history of chemistry, by Marie-Louise Dufrenoy and J. Dufrenoy. Extrait de *Chemical Education*. Vol. XXVII, 1950; 1 feuille 28 cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JUILLET 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 13 juillet 1951, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **ÉMILE GUYÉNOT** pour occuper, dans la Division des Membres non résidants, la place vacante par le décès de M. *Lucien Cuénot*.

Il est donné lecture de ce décret.

BIOLOGIE. — *Action de la cortisone administrée à la mère sur la surrénale du fœtus de Rat.* Note de M. **ROBERT COURRIER**, Mmes **ANDRÉE COLONGE** et **MARGUERITE BACLESSE**.

La cortisone injectée à la Rate gestante n'interrompt pas la grossesse, mais la mise-bas est difficile; les fœtus sont petits et fragiles; leur cortico-surrénale n'est pas développée.

Nous avons signalé dans ces *Comptes rendus* (1) que la cortisone, telle que nous l'avons utilisée (suspension d'acétate de cortisone préparée par Merck aux États-Unis et remise par l'Institut National d'Hygiène), peut entraîner des avortements lorsqu'on l'injecte à la Lapine gestante.

Chez la Rate, la gestation semble résister davantage au même traitement, car les fœtus peuvent se développer jusqu'au terme lorsque la mère reçoit de fortes doses de cortisone en injection sous-cutanée pendant une grande partie de la grossesse.

Le tableau suivant résume nos résultats :

Rats.	Cortisone donnée au cours de la gestation.	Résultats.
1...	12,5 mg par jour du 8e au 18e jour	Au 19e jour, autopsie. 7 fœtus vivants et une résorption ancienne dans les cornes utérines. Longueur moyenne des fœtus : 20 mm; poids moyen des fœtus : 998 mg.

(1) R. COURRIER et A. COLONGE, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1164.

Rats.	Cortisone donnée au cours de la gestatisn.	Résultats.
2...	o (témoin)	Au 19e jour, autopsie. 9 fœtus vivants dans les cornes utérines. Longueur moyenne des fœtus : 24 mm ; poids moyen des fœtus : 1,507 g.
3...	12,5 mg par jour du 8e au 22e jour	Au 22e jour, autopsie. 7 fœtus vivants dans les cornes utérines. Longueur moyenne des fœtus : 33 mm ; poids moyen des fœtus : 3,150 g.
4...	12,5 mg par jour du 8e au 21e jour	Au 22e jour, autopsie. 14 fœtus vivants dans les cornes utérines. Longueur moyenne des fœtus : 32 mm ; poids moyen des fœtus : 3,700 g.
5...	12,5 mg par jour du 12e au 22e jour	Le 23e jour, la femelle meurt sans accoucher. 2 fœtus morts dans les cornes utérines. Longueur moyenne des fœtus : 40 mm ; poids moyen des fœtus : 5 g.
6...	12,5 mg par jour du 12e au 21e jour	Le 22e jour, accouchement de 8 petits vivants. Longueur moyenne des petits : 33 mm ; poids moyen des petits : 3,70 g. Les petits laissés à la mère meurent rapidement, leur estomac ne renferme pas de lait.
7...	12,5 mg par jour du 12e au 22e jour	Le 22e jour, accouchement de 8 petits vivants. Longueur moyenne des petits : 35 mm ; poids moyen des petits : 4,2 g. Les petits laissés à la mère meurent rapidement, leur estomac ne renferme pas de lait.
8...	12,5 mg par jour du 13e au 18e jour 25 mg par jour du 19e au 21e jour	Le 22e jour, accouchement de 7 petits vivants et de 2 petits morts. Longueur moyenne des petits vivants : 35 mm ; poids moyen des petits vivants : 3,9 g ; longueur moyenne des petits morts : 30 mm ; poids moyen des petits morts : 3,1 g. Les petits laissés à la mère meurent rapidement, leur estomac ne contient pas de lait.
9...	12,5 mg par jour du 10e au 14e jour 25 mg par jour du 15e au 23e jour	Le 24e jour, la femelle n'a pas accouché. Autopsie. 8 fœtus morts dans les cornes utérines. Longueur moyenne des fœtus : 38 mm ; poids moyen des fœtus : 3,7 g.
10...	12,5 mg par jour du 10e au 14e jour 25 mg par jour du 15e au 22e jour	Le 23e jour, la femelle n'a pas accouché. Autopsie. 8 fœtus vivants dans les cornes utérines. Longueur moyenne des fœtus : 35 mm ; poids moyen des fœtus : 3,6 g.
11...	12,5 mg par jour du 10e au 15e jour 25 mg par jour du 16e au 22e jour	Le 23e jour, début d'accouchement pénible. 3 petits expulsés meurent aussitôt. 6 h plus tard, autopsie. 1 fœtus mort dans une corne utérine. Longueur moyenne des petits vivants : 39 mm ; poids moyen des petits vivants : 4,2 g ; longueur du fœtus mort : 40 mm ; poids du fœtus mort : 4 g.

Rats.	Cortisone donnée au cours de la gestation.	Résultats.
12...	0 (témoin)	Le 22[e] jour, accouchement de 10 petits vivants. Longueur moyenne des petits : 42 mm; poids moyen des petits : 5,5 g.
13...	0 (témoin)	Le 22[e] jour, accouchement de 3 petits vivants. Longueur moyenne des petits : 45 mm; poids moyen des petits : 6,9 g.
14...	0 (témoin)	Le 22[e] jour, accouchement de 6 petits vivants. Longueur moyenne des petits : 40 mm; poids moyen des petits : 4 g.
15...	0 (témoin)	Le 22[e] jour, accouchement de 6 petits vivants. Longueur moyenne des petits : 42 mm; poids moyen des petits : 5,5 g.
16...	0 (témoin)	Le 22[e] jour, accouchement de 9 petits vivants. Longueur moyenne des petits : 41 mm; poids moyen des petits : 5 g.

La femelle gestante de Rat, qui reçoit de fortes doses de cortisone, peut donc mener sa grossesse jusqu'à terme. Mais la mise-bas est parfois difficile, retardée, et les nouveau-nés meurent rapidement, sans lait dans leur estomac.

La taille des fœtus est plus petite que normalement ([2]), et leur glande surrénale est d'un volume très réduit. La structure histologique de la cortico-surrénale est bien différente de celle que l'on connaît chez les témoins normaux. Les cellules sont restées à l'état indifférencié, leurs noyaux sont entourés d'un mince liseré cytoplasmique et non d'un cytoplasme abondant et glandulaire. Il est sûr que la cortisone administrée à la mère a retenti sur la cortico-surrénale des fœtus.

On retrouve ici un exemple de l'action nocive d'une hormone, introduite en excès dans l'organisme, sur la glande qui la secrète. Cet équilibre glandulo-hormonal fut mis en évidence tout d'abord sur la thyroïde (Hering, Cameron, R. Courrier); et nous l'avons rapproché de la « loi de la déficience » (Cristiani, Halsted, etc.), montrant que la greffe d'une glande endocrine ne réussit bien sur un organisme que si ce dernier est déficient en hormone correspondante.

L'action des produits cortico-surrénaux sur la surrénale a déjà fait l'objet de recherches. En 1940, H. Sélye avait affirmé que la désoxycorticostérone donnée au Rat adulte provoquait l'atrophie de toute la corticale ([3]). Mais pour Wells et Kendall ([4]), pour Courrier et Poumeau-Delille ([5]), la désoxy-

---

([2]) P. Leroy et L. V. Domm ont injecté directement la cortisone dans les fœtus de Rat. Les très faibles doses sont sans action sur la croissance, des doses un peu plus fortes tuent les fœtus (*Anat. Record.*, **109**, 1951, p. 319).

([3]) *The J. Am. med. Assoc.*, **115**, 1940, p. 2246.

([4]) *Proceed. Staff Meeting of Mayo Clinic*, **15**, 1940, p. 133.

([5]) *C. R. Soc. Biol.*, **136**, 1942, p. 261.

corticostérone ne saurait exercer une telle action involutive. L'involution est produite par les corticostéroïdes oxygénés en 11 (Wells et Kendall). Grepp et Deane ([6]) sont allés plus loin : pour eux, la désoxycorticostérone attaque la mince zone glomérulée, et les 11-oxystéroïdes la zone fasciculée plus étendue.

L'intérêt de nos observations actuelles réside dans le fait que la cortisone injectée à la mère porte atteinte à la cortico-surrénale de ses embryons. Le mécanisme d'équilibre glandulo-hormonal s'exerce déjà, et il met vraisemblablement en œuvre l'hypophyse. Il est bon de rappeler ici que l'hypophyse fœtale agit sur la cortico-surrénale embryonnaire : l'atrophie de celle-ci a été observée chez les anencéphales, chez les fœtus de Souris dont l'hypophyse est atteinte par les rayons X (A. Raynaud et M. Frilley) ([7]), et chez les fœtus de Lapin décapités (A. Jost) ([8]).

BIOLOGIE. — *Les deux sortes de temps du biologiste.* Note (*) de M. François Grandjean.

Deux sortes de temps, irréductibles l'une à l'autre, interviennent dans la chronologie d'une évolution. L'une est le temps phylogénétique T pendant lequel un animal (ou une plante), considéré à un âge de son ontogenèse et précédé de tous ses ancêtres au même âge, a changé. L'autre est le temps ontogénétique t pendant lequel le même animal, considéré à une époque T (la nôtre par exemple), change avec son âge. Un moment de la durée, en biologie, est donc déterminé par les valeurs de T et de t. Rapporté dans un plan à deux axes coordonnés sur lesquels on mesure T et t il est représenté par un point M. Une évolution particulière est un lieu de points M et c'est en général une ligne (je la qualifie d'*évolutive*) de ce plan.

J'ai déjà exposé brièvement ([1]) cette manière de voir et j'en ai fait remarquer certaines conséquences. Un travail sur le point de paraître ([2]) développe la même idée plus complètement.

Dans ces travaux je ne parle guère que d'animaux à stases, à métamorphoses (parce qu'ils fournissent des repères dans le temps t), et de caractères simples, évoluant par tout ou rien (parce que leur observation est à la fois facile et précise); c'est afin de laisser le moins d'arbitraire possible à la détermination des lignes évolutives. Or, j'ai constaté que ces

---

([6]) *Endocrinology*, 40, 1947, p. 417.
([7]) *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 658.
([8]) *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 273.

(*) Séance du 23 juillet 1951.
([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 612 et 1047.
([2]) *Bull. Biol. France-Belgique*, 85, 1951, p. 269 à 292.

lignes sont fréquemment ascendantes. Alors le caractère qui précède l'autre dans le temps T lui succède dans le temps *t*. L'événement phylogénétique est reproduit à l'envers dans l'ontogenèse, en ce qui concerne sa chronologie.

Il faut évidemment généraliser. L'animal ayant un développement quelconque et le changement étant quelconque aussi, nous devons admettre que l'inversion et la non inversion de ce changement sont deux cas également normaux, également possibles *a priori*. Voir un changement se faire dans tel sens dans l'ontogenèse actuelle d'un animal ne nous apprend *rien* sur le sens dans lequel a pu se faire le même changement dans les phylogenèses du même animal.

Il me semble que certains biologistes, même s'ils rejettent la loi de répétition, n'ont pas cette idée toujours présente à l'esprit. Plus généralement, ils ne séparent pas assez bien ce qui est ontogénétique et ce qui est phylogénétique, de sorte que, partis d'observations justes, ils sont parfois conduits à des erreurs d'interprétation. L'objet de cette Note est d'attirer l'attention sur deux de ces erreurs et sur des difficultés verbales qui ont pour cause la dualité du temps.

Confusion d'un vestige avec une ébauche. — On appelle communément ébauche tout ce qui est une ébauche dans le temps *t*, sans se préoccuper de savoir si c'est une ébauche ou un vestige dans le temps T. Or il est capital de le savoir. Un vestige dans le temps T doit être appelé vestige, même si l'organe constitué normalement se développe à partir de ce vestige dans l'ontogenèse.

Pour comprendre cela il faut se dire qu'un animal a subi et continue de subir une infinité de phylogenèses, une pour chaque âge de son ontogenèse. Un vestige d'organe est un organe qui a régressé, qui régresse peut-être encore, mais d'une manière et avec une intensité qui ne sont pas les mêmes, en général, à tous les âges. Si tel organe bien développé jadis à un âge N est maintenant un vestige à cet âge, il suffit évidemment, pour qu'il croisse en ontogenèse, que sa régression, dans les phylogenèses des âges supérieurs à N, ait été moindre qu'à celle de l'âge N. Si elle a été nulle à un âge, l'organe atteint aujourd'hui dans l'ontogenèse, à cet âge, sa taille et ses caractères normaux. Dans ce type d'évolution très méconnu la régression d'un organe est traduite dans l'ontogenèse par un changement toujours progressif, mais de plus en plus retardé ou de plus en plus imparfait.

Appeler ébauche un vestige est une erreur que l'on rencontre fréquemment dans les travaux des biologistes. C'est une erreur grave puisqu'elle revient à supposer progressive une évolution qui est régressive. Je l'ai commise moi-même au début de mes recherches sur les Acariens. On comprend très bien ce qui entraîne à la faire. Habitués à penser en chronologie linéaire, nous ne pouvons pas admettre que la ruine d'une choes

puisse exister avant cette chose. Alors nous décidons que la ruine est un commencement de construction.

Attribution d'une cause phylogénétique à un changement ontogénétique. — Ici je prends un exemple, celui des Pagures. Il est tout à fait classique. La cause phylogénétique de la structure particulière (molle et dissymétrique) qu'a l'abdomen d'un Pagure est l'habitude prise depuis longtemps par ce Pagure (par ses ancêtres) d'habiter une coquille tordue de Gastropode. La cause ontogénétique de cette structure est que le Pagure est arrivé à un certain âge et elle est indépendante de toute coquille. Si l'on ne distingue pas les deux causes (et par conséquent deux sortes de temps) des questions troublantes surgissent, car l'abdomen des Pagures actuels devient mou et dissymétrique avant que ces animaux, dans le temps *t*, aient rencontré une coquille. Une cause inconnue aurait-elle agi *préalablement* à cette rencontre ? Nantis d'abdomens déformés et sans défense les Pagures auraient-ils été contraints d'habiter *ensuite* des coquilles ? Auraient-ils donc été *préadaptés*, soit par le hasard, soit par une main prévoyante et directrice de l'évolution ?

A ces questions, et à des questions analogues posées dans d'autres cas également classiques (le couchage des Pleuronectes sur un côté, les callosités antérieures à la naissance chez des Vertébrés, etc.) des auteurs ont donné des réponses affirmatives. C'est parce qu'ils ont transposé dans le temps T un phénomène observé dans le temps *t*. Ils n'ont pas distingué les deux sortes de temps ni respecté leur indépendance. Une préadaptation est un phénomène du temps T et elle ne peut être prouvée, ou présumée, que par des arguments qui s'appliquent au temps T. Une ontogenèse n'est pas du tout une évolution. L'évolution se passe dans les deux sortes de temps mais on ne voit rien d'elle, le plus souvent, dans une ontogenèse, parce que la durée de celle-ci, exprimée en temps T, est négligeable devant la durée d'une phylogenèse. On ne commet au contraire pas d'erreur sensible, en général, pour le même motif, quand on identifie l'évolution aux phylogenèses.

Il n'y a pas d'illogisme dans le cas des Pagures. Dans chaque sorte de temps la cause a précédé pour eux ses conséquences. Il n'y en a pas davantage dans celui des vestiges qui se comportent dans le temps *t* comme des ébauches. La cause de ruine est à chercher dans le temps T. Si nous avions le droit de faire abstraction de ce temps nous pourrions qualifier d'ébauche le vestige, mais nous n'avons pas ce droit, même en description pure. Un être vivant quelconque, tel que nous le voyons aujourd'hui, à un âge déterminé, s'est construit dans tout le temps T. Il est susceptible de porter des marques de ce qui s'est passé sur notre planète depuis l'origine de la vie. Comprendre sa structure dans le seul temps *t* actuel est impossible.

Difficultés verbales. — Les mots d'une langue supposent que tous les événements peuvent être insérés dans une seule chronologie. En outre ils mettent généralement l'homme à l'origine du temps phylogénétique et ce temps, pour ce qui concerne le passé, se trouve compté à rebours. « Ancien », ou « vieux », exprime parfois la même idée que « précoce », ou « jeune ». Le mot « tardif », employé en ontogenèse, exprime la même idée que le mot « récent » en phylogenèse. Cela gêne un peu.

Il y a plus. Nous pouvons être forcés, pour décrire un changement, d'employer des mots qui se contredisent. Il suffit que le changement appartienne à la catégorie signalée plus haut, celle d'inversion dans le temps *t*. Voici un exemple, emprunté au phylum des Acariens actinochitineux; chaque biologiste en trouvera d'autres dans la partie du monde organisé qu'il connaît bien, car de tels exemples sont communs.

Le fémur des Acariens actinochitineux, à toutes les pattes, est primitivement formé de deux parties, le basi- et le télofémur. Actuellement il est formé des mêmes deux parties, ou bien d'une seule, selon les espèces et les âges. L'étude chaetotaxique des fémurs démontre qu'un fémur entier équivaut toujours à la somme non divisée d'un basi- et d'un télofémur. Or, dans n'importe quelle ontogenèse, s'il y a un changement, on voit d'abord le fémur entier puis le fémur divisé. Donc un observateur actuel ignorant les phylogenèses dira que les fémurs ne s'intègrent jamais et qu'ils se divisent quelquefois. Mais cela est faux dans le temps phylogénétique. Un observateur à grande longévité qui se désintéresse des ontogenèses (il n'ouvre les yeux qu'aux moments où un animal du phylum atteint tel âge déterminé) dira que les fémurs s'intègrent parfois et qu'ils ne se divisent jamais. Les deux opinions sont également justes et nous devons les accepter toutes les deux, encore qu'elles semblent se contredire.

La contradiction serait réelle et nous serions dans une impasse si le temps du biologiste n'avait qu'un degré de liberté. La dualité du temps supprime la contradiction car elle permet de représenter par une surface, dans un plan, le domaine temporel où le fémur est biparti, et par une autre surface du même plan le domaine pendant lequel il est intégré, les deux surfaces étant séparées par la ligne évolutive. Ici cette ligne est ascendante de sorte que l'intégration phylogénétique d'un fémur oblige le changement ontogénétique qui lui correspond à être une bipartition du même fémur.

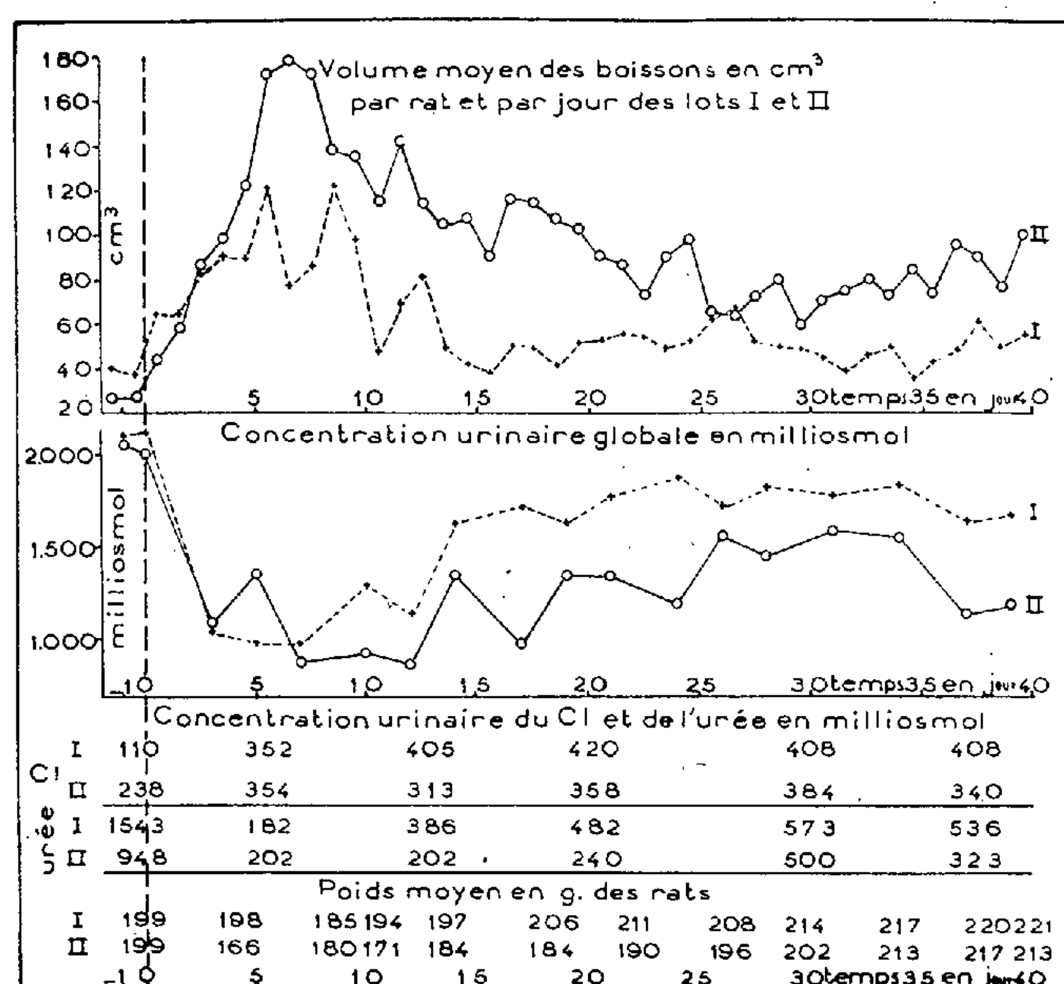
PHYSIOLOGIE. — *Action du chlorure de sodium sur le Rat adapté au régime riche en urée.* Note (*) de MM. **Léon Binet** et **Pierre Dejours**.

L'étude du Rat dont le rein est hypertrophié par une surcharge alimen-

(*) Séance du 23 juillet 1951.

taire en urée ou en ClNa ([1]), ([2]), conduit à reconnaître l'existence de modifications physiologiques orientées dans un sens tel qu'on est autorisé à conclure que l'hypertrophie rénale est liée à une adaptation fonctionnelle ([3]), ([4]), ([5]).

Cette Note étudie si l'animal à rein hypertrophié acquiert des propriétés nouvelles à l'égard de la seule substance déterminant l'hypertrophie ou si le phénomène serait en quelque sorte croisé, dans le cas où existeraient des propriétés nouvelles vis-à-vis d'une substance autre que celle qui a



Au jour O, les deux lots reçoivent pour boisson une solution de ClNa à 16 ‰. Le signe + indique les résultats obtenus sur les Rats du lot I, adaptés à la surcharge en urée. Le signe o ceux obtenus sur les animaux élevés normalement (lot II.)

déterminé l'hypertrophie. Dans cette Note est étudié le comportement d'animaux à rein hypertrophié par une surcharge alimentaire en urée, devant une surcharge alimentaire en ClNa ([6]).

Un lot I est composé de 9 Rats mâles, dont la mère durant la gestation

([1]) T. B. OSBORNE, C. B. MENDEL, E. A. PARK et M. E. WINTERNITZ, *J. Biol. Chem.*, **17**, 1927, p. 317-349.

([2]) L. BINET, P. DEJOURS et A. LACAISSE, *C. R. Soc. Biol.*, **144**, 1950, p. 84-87

([3]) P. DEJOURS, *Thèse Médecine*, Paris, 1950.

([4]) L. BINET, P. DEJOURS et A. LACAISSE, *C. R. Soc. Biol.*, **145**, 1951, séance du 28 avril.

([5]) L. BINET, P. DEJOURS et M. MARQUIS, *C. R. Soc. Biol.*, **145**, 1951, séance du 23 juin.

([6]) Les modalités expérimentales sont précisées dans un Mémoire du *Journal de Physiologie*, 1951, à (paraître.)

et l'allaitement recevait une nourriture ordinaire et pour boisson une solution d'urée à 40 °/₀₀; la boisson des Rats du lot I est restée, au cours de toute leur croissance, cette même solution d'urée. A 150 g, ils sont mononéphrectomisés à droite. Un lot II est formé de 8 Rats mâles, élevés à une nourriture ordinaire et à l'eau pure. A 150 g, ils sont mononéphrectomisés à droite.

L'expérience commence au moment où le poids moyen par Rat dans chacun des lots atteint 200 g (jour O). A cette date, les Rats du lot I, porteurs d'un rein unique anormalement hypertrophié, reçoit en remplacement de la solution d'urée à 40 °/₀₀ une solution de ClNa à 16 °/₀₀. Les animaux du lot II, dont l'hypertrophie du rein unique gauche est quantitativement normale, reçoivent pour la première fois une autre boisson que l'eau pure, c'est-à-dire cette solution de ClNa à 16 °/₀₀. Durant les 40 jours de cette expérience, un certain nombre de différences se manifestent entre les deux lots (*fig.* 1).

1° La croissance des Rats est moins perturbée dans le lot I que dans le lot II. La différence de poids moyen observée à différents moments de l'expérience est hautement significative ($t = 5{,}025$) ([7]);

2° D'une façon presque constante, le volume quotidien de boisson dans le lot I dépasse celui relevé dans le lot II. La différence moyenne entre les deux lots est de 37 cm^3 par Rat et par jour, différence hautement significative ($t = 8{,}628$);

3° La concentration globale des urines est de 1539 milliosmols dans le lot I et de 1231 milliosmols dans le lot II; la différence est hautement significative ($t = 4{,}447$);

4° La concentration du Cl urinaire dans le lot I est de 399 milliosmols et de 350 milliosmols dans le lot II, différence significative ($t = 2{,}867$ pour 4 degrés de liberté);

5° la concentration de l'urée urinaire dans le lot I, 432, milliosmols, diffère significativement de celle observée dans le lot II, 294 milliosmols ($t = 2{,}855$ pour 4 degrés de liberté).

On est donc amené à conclure que le Rat dont le rein est hypertrophié et adapté à la surcharge en urée, possède également des propriétés nouvelles à l'égard d'une surcharge en ClNa. Par comparaison avec des animaux témoins soumis de la même façon à une surcharge brutale en ClNa, leur courbe pondérale apparaît peu perturbée, le volume de boisson anormalement bas, les concentrations urinaires globale, uréique et chlorée anormalement élevées.

([7]) L'étude statistique des résultats numériques de cette Note utilise la méthode des couples.

CORRESPONDANCE.

L'**Université de Chicago** annonce à l'Académie l'installation de son Chancelier, M. **Lawrence A. Kimpton**, qui aura lieu le 18 octobre 1951.

M. le Président de la **Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale** informe l'Académie de la célébration, en octobre prochain, du cent-cinquantième anniversaire de cette Société et invite l'Académie à s'y faire représenter.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Gouvernement général de Madagascar et dépendances. Carte géologique de reconnaissance à l'échelle du 200 000e : *Feuilles Besalampy* et *Soalala,* avec leurs *Notices explicatives,* par Victor Hourcq; *Bekodoka, Tambohorano, Bebao.*

THÉORIE DES RELATIONS. — *Conséquence d'une hypothèse précédente, et nouvelle hypothèse permettant de nommer un bon ordre du continu.* Note (*) de M. **Roland Fraïssé**, présentée par M. Gaston Julia.

L'Hypothèse [A] de nos deux Notes précédentes ([1]), ([2]), permet de nommer une loi qui associe, à tout ordinal dénombrable α, un bon ordre des entiers naturels d'ordinal α. Démonstration de ce fait. Une hypothèse analogue permet de nommer un bon ordre du continu.

1. Étant donné deux types $\mathcal{M}$ et $\mathcal{N}$ de multirelations ([2]), nous avons défini l'expression $\mathcal{N}$ *est déterminable par* $\mathcal{M}$ en faisant intervenir un entier n et une signature t. Soit p le maximum de n, du nombre d'indices de t, et des entiers k_i attachés à ces indices. La plus petite valeur de p pour laquelle $\mathcal{N}$ est déterminable par $\mathcal{M}$ sera appelée le *genre* de $\mathcal{N}$ par rapport à $\mathcal{M}$.

L'ensemble des types $\mathcal{N}$ de signature donnée s déterminables par $\mathcal{M}$ pour n, t fixés, est fini ([1]) et ne dépend pas des noms des indices de t si on conserve les k_i. Considérons comme identiques les signatures t déduites les unes des autres par un tel changement de noms. Les systèmes (n, t) correspondant à une valeur de p sont alors en nombre fini; il en est de même des types de signature s, déterminables par $\mathcal{M}$, dont le genre a une valeur donnée.

Soit α un ordinal dénombrable vérifiant la condition suivante :

$\mathcal{C}$: *il existe une multirelation* (J, K) *où* J *et* K *sont deux ordres d'ordinaux* α *et* ω *dont le type* $\mathcal{W}$ *est déterminable par* α.

(*) Séance du 16 juillet 1951.

([1]) *Comptes rendus,* **230**, 1950, p. 1557.

([2]) *Comptes rendus,* **232**, 1951, p. 1793.

Numérotons les éléments de la base de (J, K) dans l'ordre défini par K; par substitution des numéros aux éléments de sa base, J devient un bon ordre I défini sur les entiers naturels. A chacun des types $\mathcal{W}$ de genre minimum par rapport à α (qui sont en nombre fini) associons l'ordre I obtenu. Soient I_1 et I_2 deux I distincts, β le premier ordinal tel que les entiers a_1 et a_2 de rang β dans I_1 et I_2 soient distincts; selon que l'on a $a_1 < a_2$ ou $a_1 > a_2$, convenons que I_1 sera antérieur ou postérieur à I_2; soit I_α celui des I qui est antérieur à tous les autres.

Soit γ un ordinal dénombrable quelconque; d'après les propositions 1, 2, 5 [1] *a est déterminable par tout type dénombrable, donc en particulier par* γ, *et* γ *est déterminable par lui-même.*

Appliquons la conséquence $[A_1]$ de l'hypothèse [A] [1] dans le cas où M est réduite à sa base. Il existerait un type $\mathcal{W}$ déterminable par γ. Tout ordinal dénombrable vérifierait $\mathcal{C}$. *Nous aurions donc une loi qui, à tout* γ, *associerait un bon ordre* I_γ *des entiers naturels.*

2. Énonçons une hypothèse *plus forte que celle du continu* et qui pourrait devenir importante si l'on ne parvenait pas à l'infirmer, car *elle entraîne la possibilité de nommer un bon ordre du continu,* comme nous allons le montrer.

Hypothèse [B] : *tout type de relation dénombrable à deux arguments est déterminable au moins par un ordinal dénombrable.*

Soit R une relation à un argument, définie sur les entiers naturels; on sait que l'ensemble des R a la puissance du continu et l'on sait nommer un ordre $\mathcal{O}$ de cet ensemble. A chaque R associons la relation T (x, y) définie sur les entiers naturels, et prenant la valeur + pour $x < y$, la valeur — pour $x > y$, et la valeur de $R(x)$ pour $x = y$.

Soit $\mathcal{T}$ le type de T; à tout $\mathcal{T}$ correspond une R et une seule : en effet toute relation T′ de type $\mathcal{T}$ ordonne les éléments de sa base suivant le type ω, en posant, pour $x \neq y$, x antérieur ou postérieur à y selon que $T'(x, y) = +$ ou —. Il n'existe donc qu'une seule relation T de type $\mathcal{T}$ donné, définie sur les entiers naturels et les ordonnant par grandeur croissante; à cette T correspond une seule R définie par l'identité $R(x) = T(x, x)$. La correspondance biunivoque ainsi définie entre les R et les $\mathcal{T}$ associe à $\mathcal{O}$ un certain ordre $\mathcal{J}$ défini sur les $\mathcal{T}$. Il nous suffira, grâce à elle de nommer un bon ordre des types $\mathcal{T}$ pour nommer un bon ordre du continu.

Soit $\mathcal{T}_0$ un $\mathcal{T}$ déterminable au moins par un ordinal dénombrable, α le premier ordinal par lequel $\mathcal{T}_0$ est déterminable, p le *genre* de $\mathcal{T}_0$ par rapport à α. S'il existe des $\mathcal{T}$ autres que $\mathcal{T}_0$ de genre p par rapport à α, ils sont ordonnés par $\mathcal{J}$; soit q le rang de $\mathcal{T}_0$ dans l'ordre fini obtenu; il existe un système (α, p, q) et un seul pour chaque $\mathcal{T}_0$. On sait nommer un bon ordre, suivant un ordinal $\leq \Omega$, de tout ensemble de systèmes (α, p, q) donc aussi un bon ordre de l'ensemble $\mathcal{F}$ des $\mathcal{T}_0$. Si l'on admet [B], $\mathcal{F}$ contient tous les $\mathcal{T}$, et il s'agit d'un bon ordre du continu.

CYBERNÉTIQUE. — *Un critérium général de stabilité des servomécanismes sièges de phénomènes héréditaires.* Note (*) de M. **Julien Loeb**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. La présente étude se rapporte à la stabilité de servomécanismes conformes au schéma de la figure 1.

A représente une série d'organes pouvant présenter :

a. Des saturations (tout dispositif physique est dans ce cas);

b. Des seuils de fonctionnements (relais, basculeurs à lampes, etc.);

b. De l'hystérésis (circuits magnétiques, relais, jeu dans les engrenages, etc);

d. Des frottements non proportionnels à la vitesse (frottements de Coulombs, résistance de fluides en mouvement, etc.).

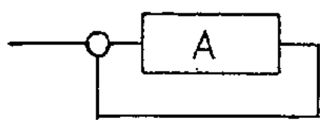


Fig. 1.

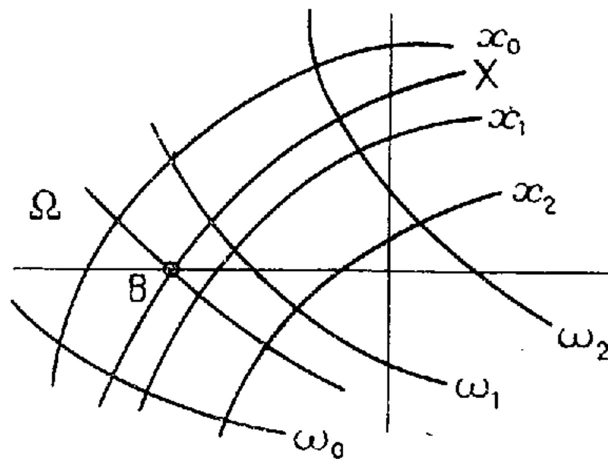


Fig. 2.

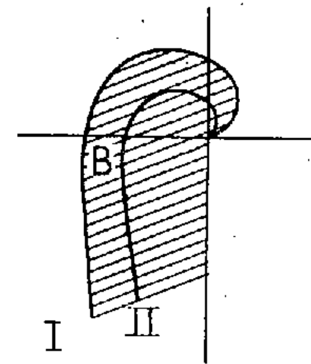


Fig. 3.

Selon une hypothèse supplémentaire nécessaire à l'établissement de la présente théorie et vérifiée dans la plupart des cas pratiques, il existe dans A des organes doués d'inertie, qui constituent un filtre passe-bas, et tels que, si à l'entrée on applique un signal sinusoïdal, le signal de sortie ne comporte qu'une faible quantité d'harmoniques.

2. Les organes schématisés en A sont ainsi caractérisés par une fonction de transfert complexe $A(x, \omega)$ qui dépend non seulement de ω, comme c'est le cas pour les problèmes linéaires, mais encore de l'amplitude x du signal d'entrée.

L'excitation sinusoïdale à l'entrée permet de surmonter les difficultés analytiques que présentent les phénomènes héréditaires (calcul de fonctionnelles) en ramenant le problème à l'évolution, dans le temps, du système.

Un régime d'oscillations entretenues sera caractérisé par la relation complexe

$$A(x, \omega) = -1.$$

Le critérium proposé est le suivant :

(*) Séance du 16 juillet 1951.

Tracer le réseau des courbes lieux des valeurs de A pour l'ensemble des valeurs intéressantes de χ et de ω (*fig.* 2).

Ce réseau occupe un domaine R du plan.

Si le point B d'affixe -1 est dans ce domaine, le système est instable et oscille avec la pulsation Ω et l'amplitude X, paramètres des courbes du réseau qui y passent.

Si le point B est en dehors, aucun régime oscillant ne peut s'amorcer, et le système est stable.

3. Le critérium de Nyquist se déduit du critérium précédent, si l'on en exclut les cas de stabilité conditionnelle.

En effet, un système physique n'est linéaire que dans une région déterminée du domaine des x. Les saturations inévitables font baisser $|A|$ lorsque x augmente au delà d'une certaine valeur. Un système défini par la courbe I de la figure 3 (courbe classique de la description linéaire) l'est en réalité par tout un réseau de courbes correspondant à des degrés de saturation différents, dont la courbe II est un exemple) et qui remplit la partie ombrée R. Si le point B d'affixe -1 est dans R, il y passe une courbe du réseau et le système est instable. Il est stable dans le cas contraire.

4. Le critérium de Kochenburger est un autre cas particulier, relatif à des systèmes à relais, où $A(\chi, \omega)$ prend la forme simplifiée $a(\chi)\, b(\omega)$.

CYBERNÉTIQUE. — *Extension de la théorie de Nyquist au cas de caractéristiques non linéaires.* Note (*) de M. **Augustin Blaquière**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le critérium de Nyquist est appliqué au calcul du régime des auto-oscillateurs de caractéristique faiblement non linéaire. On obtient la valeur de l'amplitude stabilisée, la loi de variation de la fréquence, en fonction de l'amplitude stabilisée, et la condition pour que la fréquence soit indépendante de l'amplitude au premier ordre.

1. *Caractéristiques linéaires.* — Supposons d'abord que la caractéristique de la lampe puisse être assimilée à une droite, la résolution du système linéaire fourni par les équations aux mailles et aux nœuds appliquées aux divers circuits, conduit à une équation où ne figure que la variable considérée, et que l'on peut écrire sous la forme condensée

$$(H)\text{op}.V = 0, \tag{1}$$

(H)op. étant un opérateur différentiel linéaire, et V la variable.

On cherche une solution de la forme $V = a\exp(pt)$ avec $p = j\omega$ ce qui revient à étudier l'équation

$$(H)\text{i}. = 0 \tag{2}$$

(*) Séance du 23 juillet 1951.

étude, pour laquelle le diagramme de Nyquist se montre très précieux. Nous allons montrer que, lorsque les caractéristiques d'une lampe oscillatrice ne peuvent plus être assimilées à une droite, on peut faire intervenir un diagramme analogue au diagramme de Nyquist mais déformable, qui vient se placer de lui-même dans les conditions pour lesquelles l'amplitude des oscillations est stabilisée.

2. *Caractéristique faiblement non linéaire.* — Nous remplaçons, dans ces conditions, l'équation (1) par l'équation plus générale

$$(H_1)\,\text{op. }V + (H_2)\,\text{op. }V^2 + (H_3)\,\text{op. }V^3 = 0. \tag{3}$$

Si V est une fonction sinusoïdale, dont l'amplitude a est très lentement croissante, et si le réseau ne comporte qu'un seul élément non linéaire (cas général pour les oscillateurs), on peut généralement remplacer l'étude de l'équation (3) par celle de l'équation plus simple

$$\left((H_1)\,\text{op.} + \frac{3a^2}{4}(H_3)\,\text{op.}\right)V = 0. \tag{4}$$

En effet, ce traitement revient à représenter la caractéristique courbe au voisinage du point moyen de fonctionnement par son développement limité au troisième ordre, à grouper les termes correspondant à la pulsation ω et à négliger les dérivées de a par rapport au temps.

L'équation (4) a même forme que l'équation (1) si l'on pose

$$(H)\,\text{op.} = (H_1)\,\text{op.} + \frac{3a^2}{4}(H_3)\,\text{op.} \tag{5}$$

mais ici, (H) op. dépend à la fois de a et de ω.

Pour la résoudre, on cherchera une solution de la forme ae^{pt} ce qui conduit, comme plus haut, à introduire la valeur imaginaire

$$(H)\,i. = (H_1)\,i. + \frac{3a^2}{4}(H_3)\,i. \tag{6}$$

Par analogie, avec l'étude de Nyquist, nous sommes amenés à considérer le diagramme du plan des (H)i correspondant à ω réel. Il se déduit simplement des deux diagrammes (H_1)i. et (H_3)i. (ω réel) et l'on peut suivre sa déformation lorsque a varie.

Pour $a = 0$, l'équation (4) s'écrit $|(H_1)i. = 0|$; nous supposerons qu'elle correspond à un régime instable, c'est-à-dire qu'elle n'admet pas de solution réelle en ω. L'amplitude va donc croître jusqu'au moment où l'équation (4) admettra une solution réelle en ω; à ce moment, le diagramme (H)i.(pour ω réel) passe par l'origine O.

L'amplitude des oscillations stabilisées, est donc définie par la plus petite valeur de a qui donne à l'équation

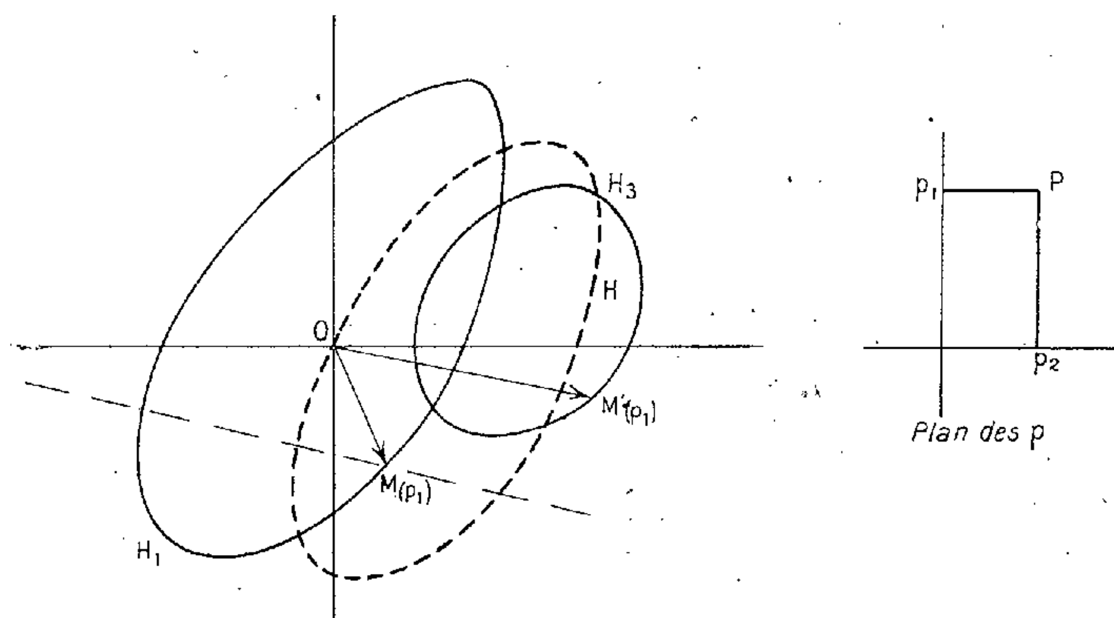
$$(H_1)\,i + \frac{3a^2}{4}(H_3)\,i = 0$$

une racine réelle, racine qui fournit la pulsation des oscillations stabilisées.

A l'amorçage, la pulsation est la partie réelle de la racine imaginaire correspondante de $(H_1)i = 0$; elle varie donc en général entre l'amorçage et la stabilisation.

La considération du diagramme mobile permet de trouver rapidement les conditions particulières pour lesquelles la fréquence reste au contraire constante, durant cette période, et par conséquent aussi, peu sensible aux petites perturbations en régime permanent. Pour cela laissons fixe le point $P(p_1, p_2)$ du plan des p, et cherchons le lieu du point correspondant du plan des $(H)i$. Construisons dans ce plan les courbes $(H_1)i$ et $(H_3)i$ correspondant aux valeurs réelles de ω; à la valeur p_1 de p correspond le point M de la courbe H_1 et le point M' de la courbe H_3. $(H)i$ prend alors la valeur :

$$H(p_1) = H_1(p_1) + \frac{3a^2}{4} H_3(p_1)$$



le point figuratif de $H(p_1)$ décrit une parallèle à OM' passant par M lorsque a varie (*figure*); ω ne variera donc pas entre l'amorçage et la stabilisation si cette proite passe par O.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la convergence d'interpolations linéaires*. II. *Corrections et améliorations concernant le cas des fonctions bornées*. Note (*) de M. **István Sándor Gál**, transmise par M. Arnaud Denjoy.

Nous nous proposons d'examiner, comme nous l'avons fait auparavant, les interpolations qui convergent dans les points de continuité d'une fonction bornée arbitraire. Nous allons décrire les améliorations des résultats précédents, obtenues après la publication de notre première Note.

Dans une communication précédente (1) nous avons défini une interpolation généralisée, dite « interpolation linéaire ». Cette définition peut être résumée comme suit : *Soit* K *un ensemble fermé situé dans le plan complexe. Considérons*

(*) Séance du 23 juillet 1951.

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1374.

les suites doubles $z_k^{(n)}$ *et* $\omega_k^{(n)}(z)$, *où* $n=1, 2, \ldots$; $k=1, 2, \ldots, m_n < \infty$, $z_k^{(n)} \in K$, $z_{k_1}^{(n)} \neq z_{k_2}^{(n)}$ *pour* $k_1 \neq k_2$ *et où, enfin,* $\omega_k^{(n)}(z)$ *signifie n'importe quelle fonction définie sur* K. *Nous appelons la suite*

$$A^{(n)}(f, z) = \sum_{k=1}^{m_n} f(z_k^{(n)})\,\omega_k^{(n)}(z) \tag{1}$$

l'interpolation linéaire attachee aux points $z_k^{(n)}$ *et aux fonctions* $\omega_k^{(n)}(z)$. (On verra immédiatement que la continuité ou la discontinuité de $\omega_k^{(n)}(z)$ n'ont aucune influence sur les problèmes traités ici.)

L'objet de la Note précédente était de répondre à la question suivante : Considérons seulement les interpolations qui convergent vers $f(z)$ en chaque point de continuité d'une fonction bornée arbitraire $f(z)$; $z \in K$. Peut-on caractériser ces interpolations par des conditions simples portant sur des points fondamentaux $z_k^{(n)}$ et fonctions fondamentales $\omega_k^{(n)}(z)$?

En effet, comme nous l'avons indiqué dans cette première Note, de telles conditions nécessaires et suffisantes existent et ne dépendent que de $|\omega_k^{(n)}(z)|$ et de la distribution des points fondamentaux. Plus précisément, nous avons distingué plusieurs cas selon le type de convergence, puis selon que $A^{(n)}(f, z)$ est borné ou non pour n'importe quelle $f(z)$ bornée.

Malheureusement c'est seulement après la publication de cette Note que nous avons remarqué deux procédés très élémentaires, par lesquels nos résultats deviennent beaucoup plus simples, plus clairs et dans un certain sens aussi plus généraux. Nous pensions que l'une de ces remarques découlait immédiatement de nos théorèmes 1 [I] et 3 [I] et qu'elle serait notée dans les analyses de la Note. Comme MM. Lummel ([2]) et Zygmund ([3]) n'ont pas fait cette remarque, nous avons décidé de résumer les résultats modifiés dans la présente Note.

Des conditions posées précédemment, il résulte

$$\sum_{k=1}^{m_n} \omega_k^{(n)}(z) \to 1 \quad \text{si} \quad n \to \infty, \tag{2}$$

puis selon le cas en considération

$$\sum_{\substack{(k) \\ z_k^{(n)} \neq z}} |\omega_k^{(n)}(z)| \leq H \qquad (n=1, 2 \ldots) \tag{3a}$$

et

$$\sum_{k=1}^{m_n} |\omega_k^{(n)}(z)| \leq H \qquad (n=1, 2, \ldots) \tag{3b}$$

([2]) *Zentralblatt*, **37**, 1951, p. 327-328.
([3]) *Math. Reviews*, **11**, 1950, p. 659.

respectivement. Or, l'une de ces remarques est que (3 *b*) est une simple conséquence de (2) et (3 *a*), donc les cas caractérisés par (2), (3 *a*) et (2), (3 *b*) respectivement, coïncident.

L'autre remarque concerne la méthode de la démonstration : la même méthode fournit également des résultats analogues dans le cas où l'on recherche les conditions telles que $A^{(n)}(f, z) \to f(z)$ est remplie en un point donné à l'avance au lieu de tout $z \in K$. Ces nouveaux résultats sont tels que nos théorèmes précédents se présentent comme cas particuliers du théorème 1 ci-dessous.

D'autre part nous avons rencontré un travail de H. Hahn [4] qui contient des résultats analogues à celui-ci. Par conséquent la définition de l'interpolation linéaire (et même le terme technique) appartiennent à H. Hahn. Il n'a considéré que des fonctions réelles (à variation bornée ou bien n'ayant que des points de discontinuité du premier ordre), mais ses théorèmes peuvent être démontrés également dans le cas des interpolations complexes.

Pour simplifier la forme du théorème 1 ci-dessous, nous allons définir une classe des interpolations linéaires : *soit K_c un sous-esemble fermé situé dans le domaine de définition* K. (*Donc, du point de vue du théorème suivant K_c peut consister en un seul point de* K). *Nous disons que $A^{(n)}(f, z)$ appartient à la classe $A(K_c)$, si, pour tout $K'_c \in K_c$ fermé $A^{(n)}(f, z) \to f(z)$ uniformément sur K'_c, pourvu que $f(z)$ soit borné sur* K *et continu sur K_c*. Donc, au lieu des théorèmes 1 [I] et 3 [I] nous avons le résultat :

THÉORÈME 1. — *Les conditions suivantes sont nécessaires et suffisantes pour que $A^{(n)}(f, z)$ appartienne à la classe $A(K_c)$:*

(I) $$\sum_{k=1}^{m_n} \omega_k^{(n)}(z) \to 1 \quad \textit{uniformément sur } K_c;$$

(II) $$\sum_{k=1}^{m_n} |\omega_k^{(n)}(z)| \leq H < \infty \quad \textit{pour tout } z \in K_c \textit{ et } n = 1, 2, \ldots;$$

(III) $$\sum_{|z_k^{(n)} - z| > \mu} |\omega_k^{(n)}(z)| \to 0 \quad \textit{uniformément sur } K_c$$

pour tout $\mu > 0$ donné à l'avance.

Quant aux théorèmes 2 [I] et 4 [I], nous utilisons la notion de *sensibilité bornée* (*endliche Empfindlichkeit*) : D'après H. Hahn, *la sensibilité de $A^{(n)}(f, z)$ est bornée dans un point $z_c \in K$, s'il existe un $C > 0$ tel que $|A^{(n)}(f, z_c)| < CM$ pourvu que $|f(z)| < M$ sur* K. Car, l'assertion de 2 [I] et 4 [I] qui n'est pas contenue dans le théorème ci-dessus peut être exprimée ainsi :

THÉORÈME 2. — *Si $A^{(n)}(f, z)$ appartient à la classe $A(z_c)$, alors la sensibilité de $A^{(n)}(f, z)$ est bornée au point z_c.*

---

[4] *Math. Z.*, 1, 1918, p. 115-142.

Il faut remarquer cependant que ceci n'est pas un résultat nouveau. En effet, dans le cas réel H. Hahn avait montré sa validité pour une classe plus générale que $A(z_c)$.

En ce qui concerne la démonstration du théorème 1 et quelques questions analogues relatives à d'autres classes, nous renvoyons le lecteur à une Note qui va bientôt paraître dans les « *Proceedings of the National Academy of Science* ».

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Distribution des vitesses au voisinage d'une paroi mobile tangentiellement à un courant fluide.* Note (*) de M. **Charles Bory**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans une étude théorique préliminaire à une expérimentation sur les échanges thermiques convectifs par utilisation d'une paroi mobile, nous avons été amené à chercher une solution, fut-elle approchée, au problème suivant.

Envisageons le dispositif classique du demi plan ox débutant par une arête vive O et disposé dans un courant fluide de vitesse uniforme au loin, parallèle au plan, et perpendiculaire à l'arête; mais, au delà d'une longueur $OA = l$, la paroi devient mobile, son mouvement étant un glissement sur elle-même de vitesse u_0 égale à celle du fluide au loin et de même sens.

Si le mouvement de la paroi débutait dès l'arête O, la présence de l'obstacle solide n'entraînerait aucune pertubation dans le mouvement du fluide qui continuerait à s'effectuer partout à la vitesse u_0, se comportant ainsi en fluide parfait. Ce résultat a été vérifié expérimentalement par Favre qui a imaginé le dispositif [1]. La présence de la longueur l de paroi fixe modifie les conditions et il en résulte que l'uniformité du mouvement du fluide n'est atteinte que progressivement. C'est ce phénomène d'établissement que nous nous proposons d'étudier.

Prenant pour axe des y la perpendiculaire à la paroi au point A nous admettrons : *a*. que le mouvement de la paroi ne modifie pas de façon sensible la répartition des vitesses à l'amont de Ay, la couche limite dynamique à l'abscisse de A ayant l'épaisseur δ et la répartition approchée à deux termes $(u/u_0) = 2(y/\delta) - (y^2/\delta^2)$; *b*. les perturbations sont limitées à la couche d'épaisseur $AC = \delta$, à l'extérieur et aux limites de laquelle la vitesse est u_0.

Nous traiterons le problème en coordonnées de Lagrange, le temps t attaché à une particule étant la durée qui s'écoule entre le passage à l'abscisse O et le passage au point M de coordonnées x, y; admettant de plus que les trajectoires peuvent être confondues avec des parallèles à l'axe des x. Entre les

---

(*) Séance du 23 juillet 1951.

([1]) *Publ. Sc. et Techn. Min. de l'Air*, Fasc. 137.

coordonnées x et t nous avons la relation différentielle $dx = u\,dt$, qui conduit

$$\text{(1)} \qquad \text{soit à} \quad x = \int_0^t u\,dt, \qquad \text{soit à} \quad t = \int^x \frac{dx}{u}.$$

L'équation indéfinie dont le premier membre devient $\partial u/\partial t$ serait très simple, s'il était possible de confondre les dérivées $(\partial^2 u/\partial y^2)_x$ et $(\partial^2 u/\partial y^2)_t$, l'indice indiquant la variable qui reste constante au cours des dérivations. En toute rigueur on a

$$\text{(2)} \qquad \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)_t = \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)_x + 2h\,\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial y} + h^2\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)_y$$

avec

$$h_1 = \int_0^{t_1}\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_t dt = u_1\int_0^{x_1}\frac{1}{u^2}\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_x dx$$

h_1 est la valeur de h au point de coordonnée x, y, z, où la vitesse est u_1.

Dans une couche limite la variation totale de vitesse u_0 se produisant suivant la perpendiculaire au profil sur une longeur incomparablement plus petite que suivant la direction tangentielle, on admet habituellement que les dérivées par rapport à x sont négligeables devant les dérivées par rapport à y. Le facteur h résulte du décalage que les couches prennent les unes par rapport aux autres; faible à l'origine il va en croissant, mais l'uniformisation progressive de la vitesse tendant à annuler la dérivée $\partial u/\partial y$, il ne peut pas devenir très grand; nous sommes donc fondé à admettre, quitte à vérifier *a posteriori*, que les deux derniers termes de (2) sont négligeables devant le premier. Prenant alors pour fonction inconnue : $f = 1 - (u/u_0)$ l'équation s'écrit : $\partial f/\partial t = \nu(\partial^2 f/\partial y^2)$ et les conditions aux limites sont : pour $y = 0$ et $y = \delta$, $f = 0$ quel que soit t; pour $t = \infty$, $f = 0$ quel que soit y; pour $t = 0$, $f = 1 - (2y/\delta) + (y^2/\delta^2)$. La résolution est dès lors classique par la méthode de Fourier et s'exprime à l'aide d'une série. Ayant obtenu la fonction : $u = u_0(1 - f)$ où f est explicitée en fonction de t, on revient aux variables d'Euler en calculant x par $x = \int_0^t u_0(1 - f)\,dt$.

Nous avons effectué par cette méthode le calcul de la vitesse u pour une suite de valeurs de x et y. Le tableau suivant donne un résumé des résultats obtenus : les valeurs de u/u_0 sont exprimées en fonction de $z = y/\delta$ (1re colonne) et de $s = x/l$ (1re ligne).

z \ s	0.	0,5.	1.	2.	5.	7.
0,1	0,19	0,79	0,87	0,93	0,98	1
0,5	0,75	0,72	0,75	0,83	0,93	0,96
0,9	0,99	0,98	0,96	0,95	0,98	0,99

L'uniformisation des vitesses dans la couche limite dynamique se fait d'abord rapidement, ensuite de plus en plus lentement. Alors qu'elle est déjà réalisée

aux 2/10 de sa valeur après un parcours à peine supérieur à l, il faut aller à une distance de presque 10 l pour obtenir l'uniformisation à 2/100 près.

A partir des valeurs numériques obtenues, nous avons calculé les ordres de grandeur des termes négligés dans la formule (2). Mis à part certains points où la dérivée $(\partial^2 u/\partial y^2)_x$ s'annule, et hors de leur voisinage immédiat, l'approximation, sans être excellente, est cependant acceptable, la partie négligée étant en moyenne du 1/10 du terme conservé; de plus, c'est au voisinage de la paroi mobile qu'elle est la meilleure, circonstance avantageuse pour le calcul des échanges thermiques que nous avons en vue.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Théorie du mouvement non stationnaire d'une plaque mince par la méthode du potentiel.* Note (*) de M. **Serge Vladimirsky**, présentée par M. Joseph Pérès.

Représentation du potentiel complexe correspondant au mouvement non stationnaire d'une plaque infiniment mince à l'aide des intégrales des fonctions algébriques et son application au calcul de l'intensité tourbillonnaire du sillage.

Le mouvement non stationnaire d'une plaque infinement mince avec formation d'un sillage de tourbillons, est en général étudié en appliquant la *théorie tourbillonnaire*. Cette circonstance liée à la condition que la circulation totale autour de la plaque et du sillage soit nulle conduit nécessairement à une équation intégrale déterminant l'intensité du sillage *a priori* inconnue.

Nons nous proposons de montrer qu'en restant dans le domaine des petits mouvements, il est possible d'établir un potentiel complexe, en termes finis, qui régisse le même écoulement autour de la plaque et dont l'intensité de sillage s'exprime sous forme d'une fonction rationnelle de la *variable analytique* qui définit le sillage $\left[x, \sqrt{(x+1)(s-x)}\right]$.

Considérons une plaque plane d'envergure infinie et de profondeur constante de deux unités dont la section droite occupe sur l'axe réel du plan $z = x + iy$ le segment $(-1, 1)$; cette plaque, allongée d'une nappe de tourbillons continue, d'axes parallèles au bord de fuite, de longueur $s-1$ (rapportée à la demi-profondeur de la plaque), fonction connue du temps t, exécute, dans un courant relatif horizontal de vitesse U (de gauche à droite), un mouvement transversal de vitesse variable V.

A l'instant t, le champ des vitesses complexe dans le mouvement général résulte de la superposition du champ des vitesses correspondant au mouvement propre de la plaque :

$$\frac{dw}{dz} = \mathrm{V}i\sqrt{\frac{z-1}{z+1}} \tag{1}$$

(*) Séance du 2 juillet 1951.

et celui provoqué par le sillage

$$(2)\quad \frac{dw}{dz}=i\sqrt{\frac{z-1}{z+1}}\left\{A+B\int_1^z\frac{u-z}{u}\,dz\right\}+iC\int_1^z\frac{u'-zQ'}{u'}\,dz+D+iE\sqrt{\frac{z-s}{z+1}},$$

A, B, C, D, E désignant des constantes, $u=\sqrt{z^2-1}$, $u'=\sqrt{(z+1)(z-s)}$ et $Q'=1-(s-1)/2z$. Le premier de ces deux champs s'obtient en considérant le plan d'écoulement comme un feuillet d'une surface de Riemann à deux feuillets et en prenant pour la ligne de passage le segment $(-1, 1)$, tandis que le second en superposant deux surfaces de Riemann distinctes de *variables analytiques* (z, u) et (z, u') attachées respectivement aux relations $u^2=z^2-1$ et $u'^2=(z+1)(z-s)$. Remarquons que les intégrales qui figurent dans (2) admettent le point $z=\infty$ du feuillet inférieur comme pôle d'ordre *un* mais sont finies en tous les points du feuillet supérieur que nous prenons précisément pour le plan d'écoulement. En appliquant les conditions habituelles : circulation nulle dans le mouvement général, résultant de la superposition de (1) et (2), vitesse finie à l'extrémité libre du sillage et nulle sur le bord de fuite et à l'infini, enfin que la composante normale de vitesse sur la plaque soit nulle, on obtient les constantes

$$A=-\frac{4V}{s-1},\qquad B=C=\frac{8V}{(s-1)^2},\qquad D=\frac{8\sqrt{2}V}{(s-1)^{\frac{3}{2}}},\qquad E=\frac{16V}{(s-1)^2}.$$

Le mouvement du fluide ainsi défini est identique à celui que l'on obtient en appliquant la théorie tourbillonnaire et il est évident que l'intensité tourbillonnaire du sillage tirée de (2) (c'est le double de la composante tangentielle de vitesse pour $1\leq x\leq s$) :

$$(3)\quad \gamma(x)=\frac{16V}{(s-1)^2}(x-1)\sqrt{\frac{s-x}{x+1}}$$

satisfait à l'équation intégrale de Wagner :

$$2\pi V+\int_1^s\gamma(x)\sqrt{\frac{x+1}{x-1}}\,dx=0,$$

ce qu'on peut d'ailleurs vérifier directement par substitution.

En posant sur la plaque $x=-\cos\theta$, on peut mettre la répartition de pression sous la forme

$$p=2\rho U\left\{\frac{1}{U}\frac{dV}{dt}\sin\theta+V\cot g\frac{\theta}{2}[1-R]\right\},$$

R désignant la fonction de déficience

$$R=-\frac{1}{2\pi V}\int_1^s\frac{\gamma(x)\,dx}{\sqrt{x^2-1}}$$

caractérisant la différence des pressions relatives aux mouvements station-

naire et instantané. En tenant compte de (3), cette fonction prend la forme particulièrement simple

$$R = 4\frac{s+3-2\sqrt{2(s+1)}}{(1-s)^2}.$$

Remarquons que si l'on supprime le dernier terme dans l'expression (2) on obtient un écoulement analogue mais avec une vitesse non nulle sur le bord de fuite de la plaque.

AÉRODYNAMIQUE. — *Détermination de l'onde de choc devant un obstacle de révolution lorsque la vitesse à la pointe sur l'obstacle est subsonique.* Note (*) de M. **Henri Cabannes**, présentée par M. Joseph Pérès.

Généralisation des résultats analogues obtenus l'an dernier dans le cas des mouvements plans ([1]). Nous prouvons que l'onde de choc est représentée par une équation comportant des termes d'exposants non entiers; nous calculons la valeur de ces exposants.

Soit un obstacle de révolution présentant une pointe, placé dans un courant gazeux uniforme supersonique; nous supposons que la première onde de choc est attachée à la pointe de l'obstacle. Dans une Note précédente (N) ([2]), dont je conserve les notations, j'ai montré que, lorsque le nombre de Mach amont M est inférieur à une certaine valeur $M_1(\theta_s)$, le rapport des courbures au sommet de l'onde et de l'obstacle devait avoir une valeur négative. Ce résultat semblant infirmé par l'expérience, nous avons cherché s'il n'était pas possible de déterminer une onde de choc convexe vers l'amont en même temps que l'obstacle, en satisfaisant les équations du mouvement et les conditions du choc à l'aide des fonctions non analytiques. La réponse est affirmative.

1. Nous envisageons des fonctions u, v, ρ et p admettant au voisinage de la pointe un développement de la forme suivante :

$$(1)\quad \begin{cases} u(r,\theta) = u_0(\theta) + 2A r^m u_m(\theta) + \ldots, \\ v(r,\theta) = v_0(\theta) + 2A r^m v_m(\theta) + \ldots, \\ \rho(r,\theta) = \rho_0(\theta) + 2A r^m \rho_m(\theta) + \ldots, \\ p(r,\theta) = p_0(\theta) + 2A r^m p_m(\theta) + \ldots. \end{cases}$$

A est un coefficient et m un exposant positif. Les fonctions d'indice o vérifient

(*) Séance du 9 juillet 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1830.

([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 481.

les équations des écoulements coniques de révolution, tandis que les fonctions d'indice m vérifient le système suivant :

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} & u'_m v_0 + m u_m u_0 + v_m(u'_0 - 2v_0) + m\frac{p_m}{\rho_0} = 0,\\ & v'_m v_0 + u_m v_0 + v_m\{v'_0 + (m+1)u_0\} + \frac{p'_0}{\rho_0}\left(\frac{p'_m}{p'_0} - \frac{\rho_m}{\rho_0}\right) = 0,\\ & \{(\rho_m v_0 + \rho_0 v_m)\sin\theta\}' + (m+2)(\rho_m u_0 + \rho_0 u_m)\sin\theta = 0,\\ & m u_0\left(\frac{p_m}{p_0} - k\frac{\rho_m}{\rho_0}\right) + v_0\left(\frac{p_m}{p_0} - k\frac{\rho_m}{\rho_0}\right)' = 0. \end{aligned}\right.$$

En écrivant que les conditions du choc sont satisfaites sur une certaine surface (onde de choc) d'équation $\theta = \theta_w + A r^m + \ldots$, on obtient les valeurs des fonctions inconnues lorsque $\theta = \theta_w$; pour les fonctions d'indice m, ces valeurs sont les suivantes ([3]) :

$$(3)\quad \left\{\begin{aligned} & 2u_m + (m+1)u_0 \operatorname{tg}\theta_w + (m+1)v_0 = 0,\\ & 2v_m + \{2(m+1)\mu^2 - (m+2)\}u_0 + \{m+1-\mu^2\}v_0 \operatorname{cotg}\theta_w = 0,\\ & \frac{\rho_m}{\rho_0} = \left\{m+1+\frac{1-\mu^2}{2}\right\}\operatorname{cotg}\theta_w + (m+1)\mu^2\frac{u_0}{v_0},\\ & \frac{p_m}{p_0} = \frac{1+\mu^2}{2}\operatorname{cotg}\theta_w - (m+1)(1+\mu^2)\frac{u_0 v_0}{a_0^2}. \end{aligned}\right.$$

Les fonctions d'indice zéro sont déjà connues. Lorsque l'indice m est donné, les équations (2) et les conditions (3) déterminent les valeurs des quatre fonctions d'indice m.

2. *a*. Lorsque l'obstacle est terminé par un tronc de cône de révolution (de méridienne OI), la fonction $v(r, \theta_s)$ est identiquement nulle. La valeur de l'indice m est alors déterminée par l'équation suivante :

$$(4)\qquad v_m(\theta_s) = 0.$$

Par exemple, lorsque $\theta_s = 20°$ et $M = 1,2175$, les résultats numériques sont les suivants :

$v_m(\theta_s)$.........	0,025	0,012	— 0,007	— 0,120
pour m........	0,0	0,2	0,4	1,0

L'équation (4) admet donc la racine $m = 0,33$, et l'équation de l'onde de choc peut s'écrire

$$\theta = 68°,507 + B\left(\frac{r}{OI}\right)^{0,33} + \ldots.$$

La valeur du coefficient B s'obtient en écrivant que la vitesse au point I est

([3]) Lorsque $m = 1$, on retrouve naturellement les équations (2) et les équations (3) de la Note (N).

sonique. Un calcul approché donne la valeur négative $B = -8°$; il en résulte que l'onde de choc est convexe vers l'amont.

b. Lorsque l'obstacle admet en son sommet un rayon de courbure fini, non nul, $\mathcal{R}$, l'équation de l'onde de choc présente la forme suivante :

$$\theta = \theta_\omega + A r^m + \ldots + \frac{r}{2R} + \ldots \tag{5}$$

La valeur de l'exposant m, fonction de M et de θ_s, est celle que nous venons de calculer. Le terme non analytique est prépondérant aussi longtemps que m est inférieur à l'unité, c'est-à-dire pour $M_0(\theta_s) < M < M_1(\theta_s)$. Ce cas est précisément celui où le calcul effectué dans la Note (N) nous avait conduit à une valeur négative pour le rapport des courbures au sommet de l'onde et de l'obstacle. L'onde de choc représentée par l'équation (5) est toujours convexe vers l'amont en même temps que l'obstacle. Ainsi, comme dans le cas des mouvements plans, l'introduction des termes non analytiques permet de lever le paradoxe de la courbure du choc ([4]).

THERMODYNAMIQUE. — *Surstructures instables dans le système* NiO-CuO. Note de MM. **Félix Bertaut** et **Claude Delorme**, transmise par M. Charles Mauguin.

Des surstructures quadratiques apparaissent au voisinage de la composition équiatomique dans le système NiO-CuO. Elles sont remarquables à deux points de vue. D'abord le rapport des axes c/a est inférieure ou supérieure à l'unité suivant que la concentration atomique de CuO est inférieur ou supérieur à 50 %. Ensuite elles sont instables au-dessous de 900° C. Un schéma simple explique l'existence de surstructures instables.

Alors que CuO monoclinique ne dissout que très peu de NiO, une solubilité appréciable, de 20 à 30 % de CuO dans NiO ([1]) vers 900° C, a été rapportée par Rigamonti ([2]). Nous avons trouvé qu'après des recuits très longs des surstructures quadratiques apparaissent; leur domaine de stabilité est compris entre 900 et 1100° C. Pour une concentration atomique de 40 % de CuO $a = 4{,}223$ Å; $c = 4{,}141$ Å; $c/a = 0{,}981$ (échantillon trempé à 1030° C). Si l'on baisse la température de trempe, à partir de 1000° C, le paramètre $(1 - c/a)$ diminue jusqu'à s'annuler vers 900° C par effet de précipitation de CuO, visible sur le cliché Debye-Scherrer. Au-dessus de 1050 °C, $(1 - c/a)$ diminue

([4]) J'avais signalé l'existence de ce paradoxe pour les écoulements de révolution, dans la Note (N), le 5 février 1951. Je viens d'apprendre que M. C. C. Lin, dans un travail identique, a fait la même remarque.

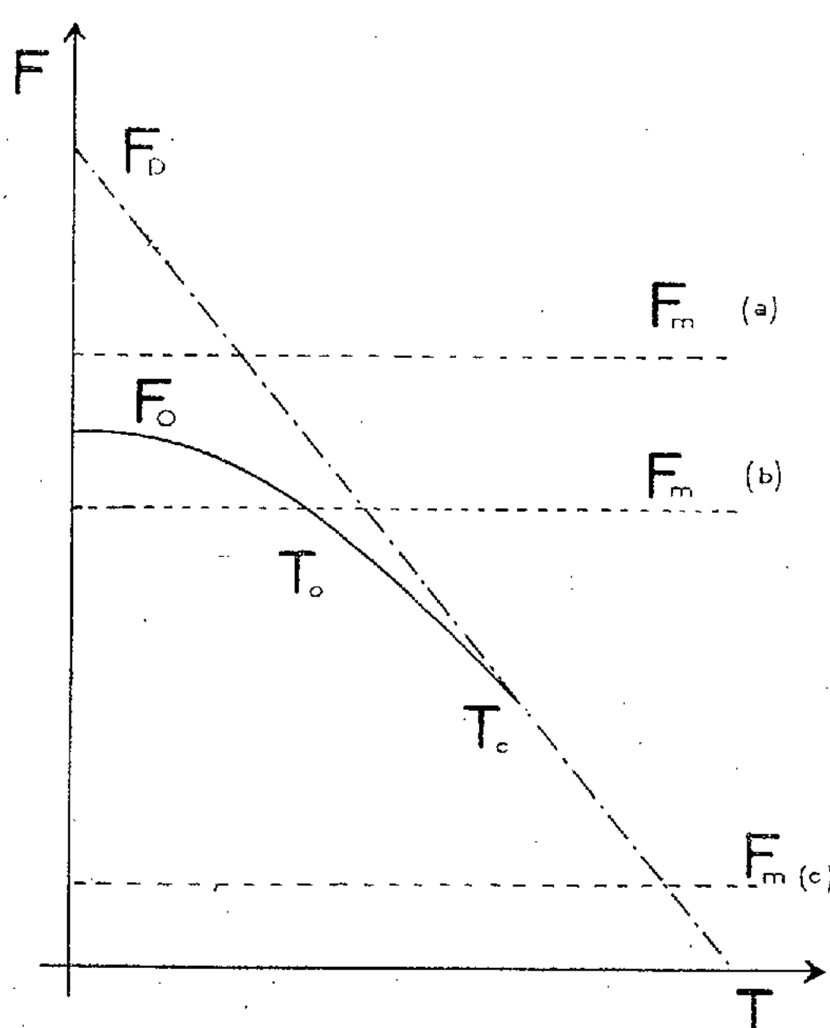
([1]) NiO est cubique, du type NaCl aux températures supérieures à 275° C et rhomboédrique aux températures plus basses (H. P. Rooksby, *Acta Cryst.*, **1**, 1948, p. 226).

([2]) *Atti, Acad, naz. Lincei*, **2**, 1947, p. 446.

à nouveau, le système tendant vers l'état désordonné. A 1120° C le dédoublement quadratique des raies Debye-Scherrer a pratiquement disparu pour la structure citée, mais la largeur très grande des raies (*hkl*) par rapport aux raies très fines (*hhh*) indique qu'un considérable montant d'ordre à courte distance continue à exister.

Alors que CuO seul se transforme déjà vers 1050° C en Cu_2O (sous pression ordinaire), cette transformation n'a lieu, au sein de la combinaison CuO, NiO qu'aux températures supérieures à 1120° C.

Un point remarquable est le signe du paramètre $(1 - c/a)$ qui caractérise la



déviation de la structure cubique. Tandis que, au-dessous de 45 % de CuO atomique il apparaît une surstructure quadratique à $c/a < 1$, on obtient, aux concentrations égales et supérieures à 50 % de CuO, une surstructure quadratique dont le rapport $c/a > 1$ (exemple : $a = 4,121$; $c = 4,355$ Å; $c/a = 1,057$, échantillon à 50 % de CuO, trempé à 1030° C). Cette dernière surstructure, plus difficile à préparer que la première, est toujours souillée d'une faible quantité de solution solide.

Le premier type de surstructure est conforme aux surstructures quadratiques du type AB, actuellement connues (toutes à $c/a < 1$). La structure à $c/a > 1$ par contre traduit le fait que l'octaèdre de coordination du cuivre bivalent est habituellement déformé et étiré selon un axe (³). La théorie qui

(³) A. F. WELLS, *Acta Cryst.*, 2, 1949, p. 175; L. WEIL, F. BERTAUT et L. BOCHIROL, *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 208.

rend compte à la fois des deux types de surstructure reste à trouver. Une étude magnétique qui pourra préciser les états de valence est en cours.

L'existence de surstructures instables s'explique classiquement à l'aide du diagramme (*fig.*) où l'on considère l'énergie libre de configuration en fonction de la température, faisant abstraction de la part due à l'agitation thermique pure. Dans ce diagramme l'énergie libre du simple mélange F_m est représentée par une droite horizontale, celle de la solution solide F_D par une droite inclinée et enfin l'énergie libre, due à l'ordre à grande distance de la surstructure F_0, par une courbe d'allure parabolique, à tangente horizontale à l'origine et aboutissant tangentiellement à F_D, à la température T_c de disparition de l'ordre à grande distance ([4]). Dans le cas de surstructures habituelles, stables entre 0° et T_c, F_m est toujours au-dessus de F_0 (cas *a*). Mais si F_m coupe F_0 en un point T_0, le domaine de stabilité de la surstructure sera limité à l'intervalle $T_0 < T < T_c$ (cas *b*). Enfin pour F_m en-dessous de F_0 aucune surstructure ne peut exister.

Les surstructures instables sont nécessairement des composés endothermiques. Le schéma n'est strictement vrai que pour un domaine de concentration très étroit. Comme celui-ci est large dans les surstructures, la transition de l'état ordonné vers la précipitation n'est pas discontinue, conformément à l'observation.

MAGNÉTISME. — *Sur l'étude de la texture magnétique macroscopique.* Note de M. **Israël Epelboin**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude de l'aimantation dans le domaine de Rayleigh permet d'interpréter le comportement des ferromagnétiques dans les champs alternatifs faibles à condition de connaître la répartition de la perméabilité dans l'épaisseur de l'échantillon (texture magnétique) ([1]). Des éléments très différents peuvent contribuer à cette texture et le but de cette Note est de montrer qu'il est possible de les séparer, même dans le cas des métaux massifs à haute perméabilité.

Si l'aimantation relevée dans les champs qui tendent vers zéro obéit aux lois de Rayleigh, la texture est stable et n'est pas influencée par le traînage lent de diffusion ([2]). Dans ces conditions, nous avons pu isoler la texture magnétique macroscopique, due à la diffusion des impuretés au cours du traitement thermique de rubans relativement épais, en relevant, d'une part le spectre magnétique dans les champs alternatifs, d'autre part la courbe de première aimantation sans commutation dans un champ

---

([4]) Il n'y a pas de discontinuité de dérivée en T_c, du moins dans le modèle de Bragg-Williams.

([1]) I. Epelboin, *Rev. gén. Électr.*, 60, 1951, p. 74.

([2]) *Colloque de Ferromagnétisme et d'Antiferromagnétisme*, Grenoble, Juillet 1950.

statique. Nous l'avons fait avec des rubans en ferronickel du type $FeNi_3$, binaires ou complexes, d'épaisseur supérieure à 0,25 mm et recuits dans H_2 ou Ar industriels, c'est-à-dire contenant des traces d'eau. Ainsi, des travaux effectués en collaboration avec G. Gilardin montrent que, même en valeur absolue, le domaine de Rayleigh et la répartition de la perméabilité dans l'épaisseur du ruban ne sont pas différents en statique et en alternatif, à condition d'éliminer l'influence des harmoniques et des courants de Foucault. Pour les épaisseurs usuelles de rubans (0,35 mm), la texture ainsi trouvée est souvent très prononcée; mais elle ne semble pas liée à une répartition hétérogène des tensions puisque la variation de la perméabilité avec la section dissoute est indépendante de l'amplitude du champ, tout au moins jusqu'à un champ H_m correspondant à la perméabilité maximum relevée sur la courbe de première aimantation. L'effet démagnétisant de la surface est négligeable puisque H_m est pratiquement constant lorsqu'on dissout par polissage électrolytique jusqu'à 70 % de la section. On ne peut pas relier cette texture à des variations notables de la structure ou de la composition chimique dans l'épaisseur du ruban car le paramètre cristallin reste constant à $\pm$ 0,0005 Å près. Enfin, les altérations dues au laminage ne jouent pas un rôle important dans le cas des rubans épais puisque l'on retrouve la même texture avec des rubans ayant subi avant recuit un polissage électrolytique superficiel.

Il y a un an [2], nous avons supposé que cette texture était liée à la diffusion des traces d'impuretés au cours du traitement thermique. Depuis, nous l'avons confirmé par des recuits dans H_2 extrêmement pur. Des rubans épais en ferronickel, recuits dans ces conditions à une température relativement basse (900 à 950°), ont une perméabilité supérieure à celle que l'on obtient même à 1100° dans une atmosphère réductrice de pureté industrielle. Ils ne présentent plus de texture magnétique macroscopique prononcée. En particulier, des rubans en mumétal au molybdène de 0,25 à 0,80 mm d'épaisseur ont tous la même perméabilité de 40 000, ce qui fait supposer qu'ils ne possèdent pas une perméabilité plus faible à l'intérieur du ruban [3], [4].

Cependant, même sans traces d'impuretés dues au traitement thermique, il reste une texture magnétique de forme liée à l'amincissement très poussé d'autant plus accentuée que la perméabilité est plus élevée et que l'épaisseur du ruban (ou le diamètre du fil) est plus faible. Ceci se traduit en particulier par une diminution du domaine de Rayleigh et des deux coefficients des lois de Rayleigh, ainsi que par un accroissement notable du champ H_m. En alternatif, la texture de forme se traduit également par un

---

(3) R. Feldtkeller, *Frequenz*, 3, 1949, p. 111.
(4) I. Epelboin et A. Marais, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1131.

accroissement considérable de la conductivité σ_a des courants de Foucault par rapport à la conductivité σ du ruban ou du fil, quel que soit le procédé d'amincissement. Cette texture de forme est liée à un traînage magnétique réel et nous l'avons confirmé à l'aide d'expériences de C. Abgrall aux basses températures et par des essais avec des champs sinusoïdaux superposés au champ continu.

Pour étudier séparément la texture de forme des substances très minces, il faut éliminer les altérations provenant du laminage et du tréfilage qui contribuent également à la diminution de la perméabilité et à l'accroissement du rapport σ_a/σ; c'est pour cela que les procédés d'amincissement électrolytique que nous avons décrits par ailleurs présentent un grand intérêt car ils permettent, par exemple, d'obtenir des rubans ou des fils même en alliage complexe, de 4 μ d'épaisseur ou de diamètre en partant d'un ruban ou d'un fil de 100 μ. Les variations de la perméabilité et de l'anomalie des pertes par courants de Foucault permettent de connaître l'épaisseur de la couche altérée en accord d'ailleurs avec des mesures optiques, électriques et mécaniques.

Les traitements thermiques et électrolytiques permettent donc d'éliminer ou de séparer les différents éléments de la texture magnétique macroscopique. Ces méthodes peuvent servir à étudier tant les traînages magnétiques que les impuretés dans les métaux d'une façon non destructive et nous les avons utilisées en particulier pour comparer les différents procédés de polissage électrolytique. Nous avons constaté par l'étude de la perméabilité et des pertes magnétiques que le polissage dans un bain, dont la résistance électrique apparente et le module de l'impédance de la couche anodique à 10 K Hz, peuvent présenter simultanément un maximum pour une même tension [bain à base de ClO_4^- par exemple (5)], n'entraîne pas d'oxydation notable du métal. Par contre, lorsque les maxima sont décalés ou disparaissent en partie (certains bains à base de CrO_3), il semble que des impuretés interviennent car le polissage électrolytique modifie en général les propriétés magnétiques de la masse restante, même lorsque son épaisseur est telle que la texture de forme est négligeable.

ÉLECTRICITÉ. — *Essai d'une interprétation du mécanisme de la conduction électrique de lames métalliques très minces.* Note (*) de M. **Nicolas Mostovetch**, présentée par M. Jean Cabannes.

La théorie de la diminution du libre parcours de l'électron de conduction n'est pas capable d'expliquer les coefficients négatifs de la résistance des

(5) Réunion du 8 au 10 mai 1951 de la Société de Chimie physique.

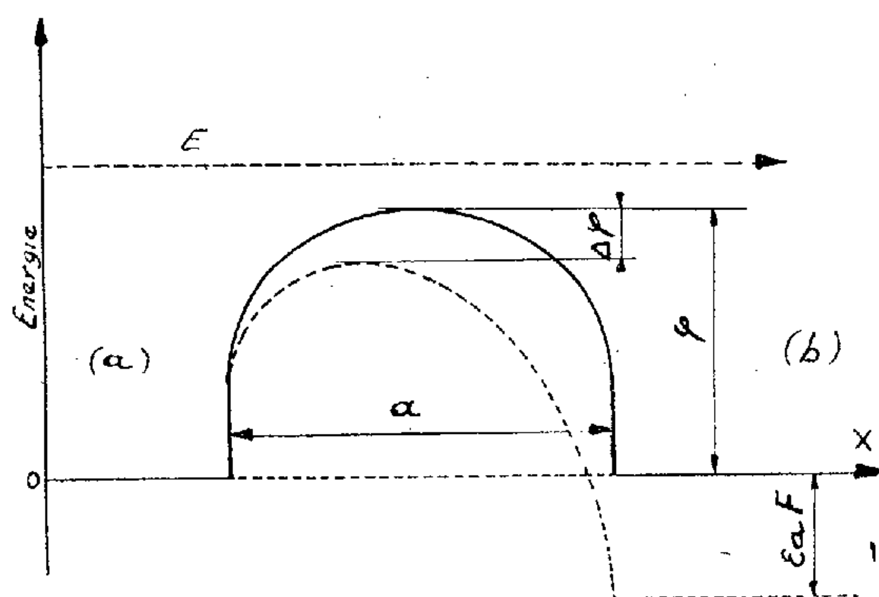
(*) Séance du 23 juillet 1951.

dépôts les plus minces. La théorie des contacts basée sur l'effet tunnel, n'explique ces coefficients négatifs qu'en supposant que les distances entre les grains varient en sens inverse de la température. Cela conduit à une expression de la forme $\sigma = Ae^{-bT}$ qui n'est pas confirmée par l'expérience.

Dans cette Note, nous donnons une des interprétations possibles, qui suppose que le film est formé de grains très petits, qu'entre deux grains le travail de passage d'un électron φ est inférieur à 0,1 eV [1], et l'effet tunnel négligeable, et qu'en outre, la conductivité du film est pratiquement égale à celle des lacunes.

En l'absence de champ électrique, le nombre d'électrons qui traversent dans les deux sens la barrière de potentiel d'une lacune, est

$$n_1 = n_2 = \int_{\varphi}^{\infty} D(W_x)\,N(W_x)\,dW_x,$$



où $N(W_x)\,dW_x$ est le nombre d'électrons arrivant par seconde sur l'unité de surface de la barrière et dont l'énergie suivant OX est comprise entre W_x et $W_x + dW_x$; $D(W_x)$ est la fonction de transmission égale dans notre cas à 0 pour $W_x < \varphi$ et à 1 pour $W_x > \varphi$.

En présence d'un champ F (*fig.* 1) la densité du courant i à travers la barrière de largeur a, est

$$i = \varepsilon \int_{\varphi-\Delta\varphi}^{\infty} N(W_x)\,dW_x - \varepsilon \int_{\varphi-\Delta\varphi+\varepsilon aF}^{\infty} N(W_x)\,dW_x = \int_{\varphi-\Delta\varphi}^{\varphi-\Delta\varphi+\varepsilon aF} N(W_x)\,dW_x.$$

D'où la conductibilité de la barrière : $\sigma = iF^{-1}$.

Nous considérerons deux cas suivant que les électrons libres d'un grain suivent la statistique de Maxwell (comme les semi-conducteurs) ou celle de Fermi (comme les métaux) [2].

---

[1] La cause de la faible valeur de φ est en relation avec la petitesse des grains, avec leur structure et leur faible écartement.

[2] Les grains ne doivent pas être trop petits pour qu'on puisse appliquer à leurs électrons une statistique quelconque.

Dans le premier cas :

$$\mathrm{N}(\mathrm{W}_x)\,d\mathrm{W}_x = \mathrm{V}_x f(\mathrm{V}_x)\,d\mathrm{V}_x = \mathrm{N}\left(\frac{m}{2\pi k}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{m\mathrm{V}_x^2}{2k\mathrm{T}}}\mathrm{V}_x\,d\mathrm{V}_x,$$

où N est le nombre d'électrons par centimètre cube dans la bande de conduction d'un grain et $f(\mathrm{V}_x)$ la fonction de distribution des vitesses V_x; d'où

$$(1)\qquad \sigma = \mathrm{N}\left(\frac{k}{2\pi m}\right)^{\frac{1}{2}}\mathrm{T}^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{\varphi-\Delta\varphi}{k\mathrm{T}}}\left(1-e^{-\frac{\varepsilon a\mathrm{F}}{k\mathrm{T}}}\right)\mathrm{F}^{-1}.$$

Dans le deuxième cas, un calcul analogue à celui de l'émission thermoionique conduit pour $\mathrm{W}_x > \varphi > \mu$ (μ étant la limite de Fermi) à

$$\mathrm{N}(\mathrm{W}_x)\,d\mathrm{W}_x = \frac{4\pi mk\mathrm{T}}{h^3} e^{-\frac{\mathrm{W}_x-\mu}{k\mathrm{T}}}\,d\mathrm{W}_x,$$

$$(2)\qquad \sigma = \varepsilon\frac{4\pi mk^2}{h^3}\mathrm{T}^2 e^{-\frac{\varphi-\Delta\varphi}{k\mathrm{T}}}\left(1-e^{-\frac{\varepsilon a\mathrm{F}}{k\mathrm{T}}}\right)\mathrm{F}^{-1}.$$

Pour des films composés de grains très petits (de l'ordre de 100 Å) et pour des champs électriques pas trop forts, on obtient pour $\mathrm{T} > 2^\circ\mathrm{K}$, les relations

$$\frac{\varepsilon a\mathrm{F}}{k\mathrm{T}} \ll 1 \qquad \text{et} \qquad \left(1-e^{-\frac{\varepsilon a\mathrm{F}}{k\mathrm{T}}}\right)\mathrm{F}^{-1} \# \frac{\varepsilon a}{k\mathrm{T}}.$$

Les formules (1) et (2) deviennent respectivement :

$$(3)\qquad \sigma = \mathrm{A}a\mathrm{N}\mathrm{T}^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{\varphi-\Delta\varphi}{k\mathrm{T}}},$$

$$(4)\qquad \sigma = \mathrm{B}a\mathrm{T}\, e^{-\frac{\varphi-\Delta\varphi}{k\mathrm{T}}}.$$

Dans (3), N varie avec T comme pour les semi-conducteurs et (3) devient

$$(5)\qquad \sigma = \mathrm{A}_1 a\mathrm{T}^{\frac{1}{4}} e^{-\frac{\varphi-\Delta\varphi}{k\mathrm{T}}}.$$

Les deux relations (4) et (5) concordent assez bien avec nos résultats [3]; toutefois, selon (4) l'exposant n de T ne peut pas être inférieur à 1 (a pouvant être fonction de T peut accroître n), alors qu'on observe généralement : $n < 1$; donc il faudrait préférer la relation (5) et en conclure que les électrons des agrégats peuvent suivre la statistique de Maxwell.

ÉLECTROLYSE. — *Sur l'étude d'oscillations périodiques obtenues au cours de la dissolution anodique de l'argent.* Note (*) de M. **Claude Chalin**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'existence d'un phénomène d'oscillations périodiques du courant et de la tension au cours de l'électrolyse d'une anode en argent dans une

(3) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 167; **228**, 1949, p. 228; **230**, 1950, p. 934, 2008.

(*) Séance du 23 juillet 1951.

solution de cyanure de potassium a été signalée en 1909 par Spitalsky [1]. Auparavant de nombreux auteurs, Herschel [2] en 1833, Joule [3] en 1844 pour le zinc amalgamé, avaient étudié les phénomènes périodiques à l'anode, mais sans remarquer un effet de brillantage analogue à celui indiqué par Spitalsky. Plus tard, Hedges [4] en 1926 étudie d'une façon plus approfondie ces oscillations et, en 1942, Gilberston et Fortner [5] mettent au point un procédé de polissage électrolytique de l'argent dans une solution de KCN et AgCN et indiquent que le polissage optimum est obtenu pour un potentiel d'anode nul par rapport à un demi-élément au calomel. En 1949, E. Darmois et S. Dolinsky [6] étudient l'influence, sur les oscillations, de la composition du bain et d'un mouvement rapide

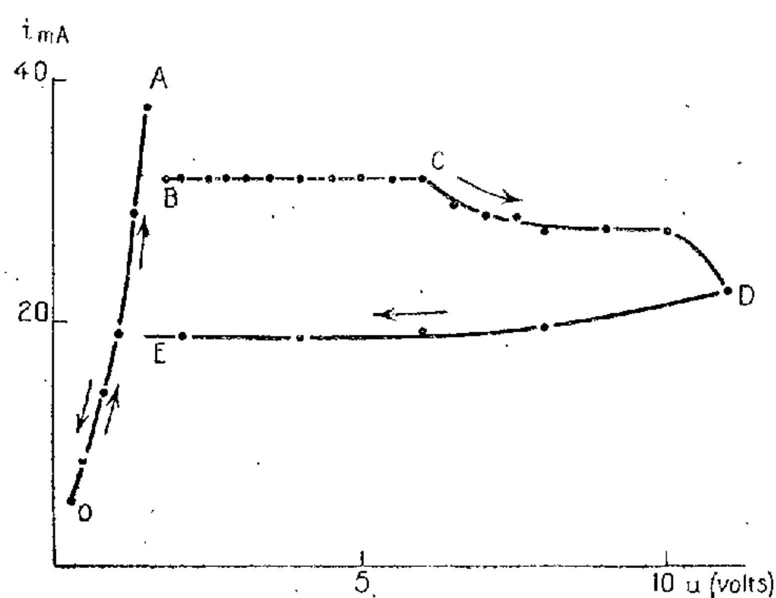


Fig. 1.

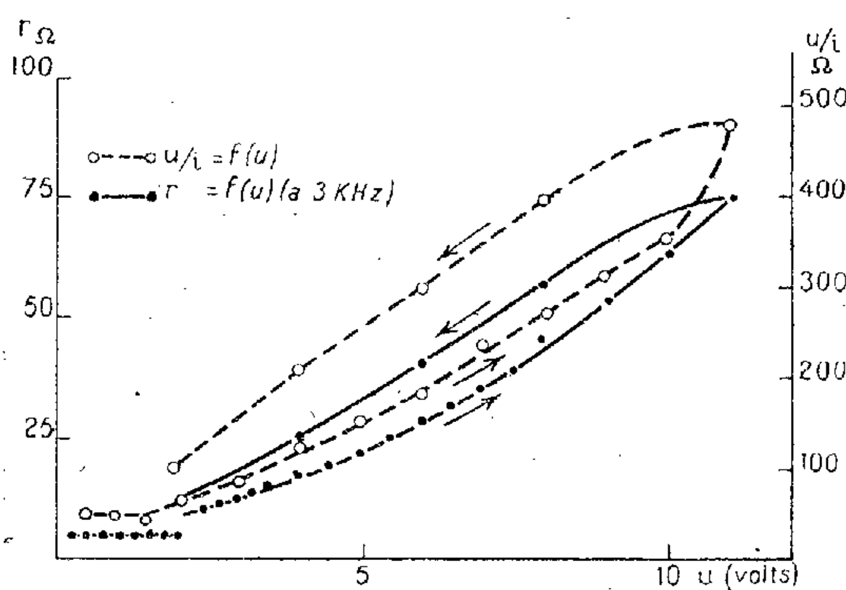


Fig. 2.

de l'anode d'argent fixée sur un diapason en vibration et indiquent un processus électrochimique expliquant le phénomène.

Nous indiquerons ici les résultats obtenus au cours d'une étude des conditions électriques de fonctionnement d'un électrolyseur comprenant une anode en fil d'argent de 1 mm de diamètre et de 4,5 cm de longueur, et une cathode en platine, plongées dans une solution aqueuse à 17 g : l de CNK. Le contrôle de ces conditions électriques a été fait à la fois à l'aide d'un ampèremètre et voltmètre à courant continu, et en mesurant, en courant alternatif, par une méthode de substitution, le module r de l'impédance de l'électrolyseur sous tension [7].

La figure indique les variations du courant i, de la résistance apparente de la cellule u/i et du module de l'impédance r en fonction de la tension u

---

(1) Brevet allemand n° 225 873 du 24 septembre 1910.

(2) *Ann. Chim. Phys.*, 54, 1833, p. 87.

(3) *Phil. Mag.*, 24, 1844, p. 106.

(4) *J. Chem. Soc.*, 1926, p. 1533.

(5) *Trans. Électroch.*, 81, 1942, p. 199.

(6) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 389.

(7) I. Epelboin, *Colloque de Chimie Physique*, Paris, 1951.

aux bornes de l'électrolyseur. Ces courbes ont été tracées à tension croissante, puis décroissante. Après une partie approximativement linéaire OA, la courbe courant-tension présente en AB une région instable où l'anode est recouverte d'une couche translucide brune, puis un palier en BC s'accompagnant d'un dépôt anodique gris-noir adhérent, provoquant une chute de l'intensité en CD. Cette courbe est obtenue à tension croissante et n'est pas reproductible lorsqu'on opère à tension décroissante à partir du point D. En effet, on obtient alors la courbe DE qui se raccorde à la partie rectiligne en un point situé entre O et A par l'intermédiaire d'une zone instable analogue à AB.

La courbe de la résistance apparente u/i en fonction de la tension aux bornes ne présente pas de maximum caractéristique (8) et, de même que la courbe du module de l'impédance r, n'est pas reproductible à tension décroissante. Cette absence de maximum peut s'expliquer par la formation du dépôt anodique, signalé plus haut, qui change les conditions expérimentales. On remarque, de plus, que la courbe du module r en fonction de la tension u présente une discontinuité pour une valeur de u correspondant à la région instable, r passant alors de 6 à 11 Ω.

En étudiant la courbe courant-tension à l'aide d'un enregistreur électrolytique (8), on constate que, dans les régions instables, le point représentatif décrit un segment de droite, la plus faible intensité correspondant à la plus forte tension. Son inclinaison sur l'axe des abscisses ne dépend que du circuit électrique utilisé et de la tension à vide (9); mais ses extrémités s'appuient d'une part sur la partie rectiligne OA, d'autre part sur les branches BC ou DE de la courbe courant-tension, déterminant ainsi l'amplitude des oscillations.

Il semblerait donc exister, dans les régions instables, deux caractéristiques courant-tension possibles, le point représentatif passant périodiquement de l'une à l'autre pour une même tension à vide.

D'autre part, pour une même région instable, l'amplitude et la période des oscillations augmentent avec la tension à vide. Ces oscillations, symétriques et approximativement sinusoïdales pour les plus faibles amplitudes deviennent dissymétriques lorsque l'amplitude augmente, chaque oscillation étant ensuite séparée de la suivante par un intervalle de temps augmentant avec la tension à vide. Le polissage électrolytique n'ayant lieu que pour les régions instables, il semblerait donc que les conditions optima ne se trouvent réalisées que pour une zone intermédiaire entre les deux caractéristiques possibles dans ces régions. Nous espérons qu'une étude plus approfondie actuellement en cours nous permettra de préciser les résultats indiqués ici.

---

(8) I. Epelboin et C. Chalin, *Journées d'automne, Société métallurgique*, Octobre 1949.
(9) C. Chalin, *Archives originales. C. N. R. S.*, n° 322.

ÉLECTROCHIMIE. — *Calcul de la constante de l'électrode d'hydrogène.*
Note (*) de Mlle **Geneviève Sutra**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans trois Notes parues dans ce recueil ([1]), j'ai donné les principes d'une nouvelle théorie de la surtension d'hydrogène. Depuis, un mémoire plus étendu a paru ailleurs ([2]). J'y démontre que le courant i est lié à la surtension η par une relation du type

$$\eta = b \log\left(\frac{i}{i_0}\right), \tag{1}$$

où i_0 est donné par la formule suivante

$$i_0 = A\frac{kT}{h} e[H^+]_0 \exp\left(-\frac{W}{RT}\right), \tag{2}$$

e, charge élémentaire; $[H^+]_0$, concentration des protons dans l'électrode d'hydrogène sous pression normale; W, énergie où interviennent certaines propriétés du métal et de l'ion hydrogène; A, constante introduite par le calcul, en posant que l'activité des ions H est $A[H^+]$; $[H^+]$, concentration des ions H dans la solution au contact du métal étudié.

Le courant i_0 s'obtient par extrapolation en prolongeant jusqu'à l'axe des i la droite (1) $\eta = f(\log i)$. Ce courant i_0 a été mesuré par divers auteurs pour différents métaux plongeant dans diverses solutions. Dans un travail de Bowden et Agar ([3]), on trouve les valeurs de i_0 en même temps que l'énergie d'activation correspondante, calculée à l'aide des mesures faites à diverses températures et déduite d'une formule

$$i_0 = B \exp\left(-\frac{W'}{RT}\right). \tag{3}$$

Dans le Mémoire en question, j'ai calculé $A[H^+]_0$ déduite de la formule (2) où j'ai fait $T = 297°$ K, en admettant que $W = W'$. Ce n'est pas tout à fait correct puisque (2) doit s'écrire

$$i_0 = CT \exp\left(-\frac{W}{RT}\right). \tag{4}$$

En prenant $\log i_0$ dans (3) et (4), formant $d \log i_0/dT$ et égalant pour une température moyenne T_m, on voit tout de suite que $W' = W + RT_m$.

Dans les mesures de Bowden, T_m est environ 325° K, d'où $RT_m = 650$ cal. Si l'on effectue cette correction, on obtient les W du tableau suivant.

(*) Séance du 23 juillet 1951.

([1]) G. Sutra, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 644, 749 et 842.

([2]) G. Sutra, *J. de phys.*, juin 1951.

([3]) *Ann. Rep. Chem. Soc.*, 35, 1938, p. 90.

La quantité $(kT/h)e$ est assez exactement 10^{-6} (e en coulombs, $T = 298°$ K).

Métal.	Solution.	i_0.	W.	$A[H^+]_0$calc.
Hg..........	SO_4H_2, 0,2 N	6.10^{-12}	17 350	2, 3.10^7
Pd..........	» »	2.10^{-5}	8 350	$2,24.10^7$
Pt poli.......	» »	$3,7.10^{-6}$ (moy.)	9 350 (moy.)	$2,23.10^7$ (moy.)

Les i_0 sont très différents, mais les trois métaux donnent la même valeur pour $A[H^+]_0$ qui est l'activité des protons dans le platine platiné. La théorie acquiert ainsi une certaine valeur.

M. E. Darmois a fait remarquer ([4]) que l'on pouvait probablement déduire de cette activité la constante de l'électrode d'hydrogène. Effectivement le potentiel d'une électrode d'hydrogène plongeant dans une solution où l'activité des ions H est $A[H^+]$ est $V = RT/\mathcal{F} \log_n A[H^+]_0/A[H^+]$, qui se réduit à $RT/\mathcal{F} \log_n A[H^+]_0$ pour $A[H^+] = 1$. Le calcul donne tout de suite 0,42 V à 25° C. On sait que, pour l'activité 1 de l'ion H^+ en solution, on pose, *par définition*, $V = 0$. Le potentiel « absolu » de l'électrode normale à hydrogène serait ainsi 0,42 V. Celui de l'électrode normale au calomel serait $0,28 + 0,42 = 0,70$ V. Cette valeur s'ajoute aux nombreuses valeurs proposées jusqu'ici et qui s'étagent de + 0,56 à — 0,20 V. On doit surtout retenir de ce qui précède que le potentiel absolu est probablement calculable à partir des mesures de surtension.

RADIOCHIMIE. — *Interaction de la cystéine et de radicaux libres formés en solution aqueuse ou alcoolique par rayons* X *et* γ. Note (*) de Mme **Annette Prévot**, présentée par M. Jean Cabannes.

Divers auteurs ont signalé que la cystéine, le glutathion ([1]), la thiourée ([2]), le cyanure ou le nitrure de sodium ([3]) inoculés à des souris diminuaient de façon significative la mortalité consécutive à une irradiation X. Il semble d'autre part bien établi que l'action chimique des rayonnements ionisants sur des solutions aqueuses s'effectue par l'intermédiaire des radicaux libres H et OH. J'ai ainsi été amenée à étudier, par des réactions de polymérisation, l'interaction éventuelle de la cystéine et des radicaux libres formés par les rayons X et γ.

([4]) *Colloque de Chimie Physique*, Paris, 1951.

(*) Séance du 23 juillet 1951.

([1]) H. M. Patt et al., *Science*, **110**, 1949, p. 213.

([2]) R. H. Mole et al., *Nature*, **166**, 1950, p. 515.

([3]) S. M. Bacq et al., *Science*, **111**, 1950, p. 356; A. Hervé et Z. M. Bacq, *C. R. Soc. Biol.*, **144**, 1950, p. 1124.

Le procédé qui consiste à suivre par dilatométrie la progression de la polymérisation, ainsi que le mode opératoire, ont déjà été décrits ([4]), ([5]).

Les mélanges que j'ai étudiés jusqu'ici sont les suivants :

a. *Rayons* X.	*b.* *Rayons* γ.	*c.* *Rayons* γ.	*d.* *Rayons* γ.
Cystéine HCl	Cystéine HCl	Cystéine HCl	Cystéine HCl
(0,03 à 1,2 M)	(0,3 M)	(0,3 M)	(0,006 à 0,3 M)
Acrylonitrile 1 M	Acrylonitrile 1 M	Styrolène 1 M	Styrolène 5,3 M
eau	méthanol	méthanol	méthanol

La solution de cystéine est introduite directement dans l'ampoule d'irradiation et dégazée trois ou quatre fois, le monomère et le reste du solvant sont ensuite distillés sous vide. Dans toutes les expériences effectuées, l'ampoule avec cystéine est scellée dans les mêmes conditions et immédiatement après une ampoule témoin ne contenant que monomère et solvant.

J'ai également étudié l'influence d'une concentration 0,3 M de cystéine HCl sur la polymérisation thermique de l'acrylonitrile en solution dans l'eau et sur la polymérisation consécutive à l'irradiation.

L'ensemble de ces expériences montre que :

1° La cystéine HCl diminue la vitesse de polymérisation de l'acrylonitrile; la réduction de vitesse par rapport au témoin étant, pour la cystéine 0,3 M, de l'ordre de 3 pour la solution aqueuse, et de l'ordre de 2 pour la solution alcoolique.

Quand on fait croître la concentration en cystéine, la vitesse observée diminue, mais au dessus d'une concentration 0,6 M la réduction de vitesse tend vers une limite.

2° En présence de cystéine 0,3 M, la contraction observée dans le styrolène est environ cinq fois plus grande que pour la solution témoin. Par ailleurs, dans les ampoules témoins des expériences *c* et *d* le polymère formé précipite dans le mélange tandis qu'on n'observe aucune précipitation en présence de cystéine.

3° Alors que l'acrylonitrile pur ou mélangé à l'eau ne se polymérise pas thermiquement, on observe en présence de cystéine 0,3 M une polymérisation thermique d'environ 1 % en 10 jours à 20° C.

4° La vitesse de postpolymérisation de l'acrylonitrile en solution dans l'eau suivie pendant les 15 jours consécutifs à l'irradiation ne semble pas modifiée par l'addition de cystéine 0,3 M.

5° En accord avec les résultats de W. M. Dale ([6]), j'ai observé dans les ampoules irradiées un dégagement de H_2S. De plus l'action de l'eau oxygénée sur les ions Fe^{++}, qui donne naissance à des radicaux OH sans intervention de

---

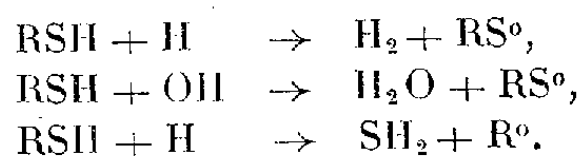
([4]) A. Chapiro, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1490.

([5]) A. Prévot, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 288.

([6]) W. M. Dale et J. V. Davies, *The Biochem. J.*, 48, 1951, p. 129.

rayonnement, a donné lieu en présence de cystéine à un dégagement de H_2S et à la formation de cystine.

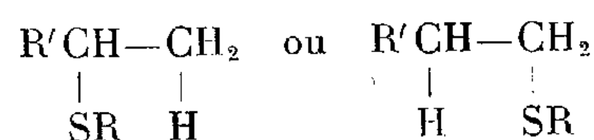
Ces divers résultats permettent d'envisager les mécanismes suivants : la cystéine donnerait facilement des radicaux libres; il y aurait rupture de la liaison R — S et de la liaison sulfhydryl et, avec les radicaux libres H et OH, on aurait les réactions suivantes :



$$RSH + H \rightarrow H_2 + RS^\circ,$$
$$RSH + OH \rightarrow H_2O + RS^\circ,$$
$$RSH + H \rightarrow SH_2 + R^\circ.$$

L'inhibition observée dans les solutions *a* et *b* s'explique facilement si les radicaux libres tels que RS° et R° se combinent entre eux, ou bien se fixent sur les radicaux H et OH ou sur les chaînes croissantes. D'après l'expérience 4°, le ralentissement ne pourrait pas être dû à un transfert désactivant. Par ailleurs, en suivant au cours du temps la bande d'absorption relative à $=CH_2$, nous avons vérifié qu'il ne se produisait pas d'addition sensible de la cystéine sur la double liaison de l'acrylonitrile.

Au contraire, dans le cas du styrolène, on formerait vraisemblablement un composé d'addition



R'CH—CH₂ (SR, H) ou R'CH—CH₂ (H, SR)

suivant une réaction du type Kharasch.

Une étude est en cours pour déterminer si aucune polymérisation du styrolène n'intervient en présence de cystéine ou si l'on forme des molécules comportant seulement quelques chaînons.

ÉLECTROCINÉTIQUE. — *Mise en évidence de l'effet Debye à* 80 kc : s *sur des solutions colloïdales de sulfure d'arsenic et des solutions électrolytiques de chlorure de potassium.* Note (*) de MM. **Brice Dérouet** et **François Denizot**, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait que l'effet Debye consiste en une polarisation électrique qui naît dans des solutions électrolytiques ou colloïdales quand une onde sonore s'y propage.

Rutgers, Crops et Vidts (1) ont mis en évidence cet effet à 289 kc : s dans des solutions d'iodure d'argent, puis dans des solutions de sulfure d'arsenic.

Yeager, Bugosh, Hovorka et Mac Carthy (2) ont détecté l'effet à 265 kc : s pour des solutions électrolytiques.

(*) Séance du 23 juillet 1951.

(1) *Nature*, 167, 1946, p. 74.

(2) *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 411.

Nous nous sommes proposé de vérifier l'effet Debye sur des solutions colloïdales de sulfure d'arsenic et sur des solutions électrolytiques de chlorure de potassium à une fréquence notablement plus basse : 80 kc : s et, en même temps, d'obtenir des mesures susceptibles de servir de base à des contrôles théoriques.

Les ondes ultrasonores sont engendrées par un vibrateur à magnétostriction alimenté par un puissant générateur à lampes (600 W). Les signaux sont recueillis par des électrodes de molybdène distantes d'une demi-longueur d'onde dans le liquide. Elles constituent un ensemble solidaire que l'on peut déplacer de façon très précise dans une cuve en plexiglass très soigneusement blindée. Il reste cependant un signal parasite, directement induit par voie électrique, dû au proche voisinage du vibrateur et le déplacement des électrodes a précisément pour but de repérer le véritable signal dû, dans le montage, aux ondes acoustiques stationnaires.

L'amplitude de vitesse v de l'onde ultrasonore peut atteindre 3 cm : s dans la cuve à essais.

1. *Importance du régime stationnaire dans la mise en évidence du phénomène.* — En appelant h la distance de la surface libre au vibrateur, ω la pulsation de l'onde ultrasonore, V sa vitesse de propagation dans la solution et λ la longueur d'onde, a l'amplitude du déplacement, x l'abscisse du point considéré au-dessus du vibrateur, la vitesse des déplacements dus aux ondes ultrasonores incidentes et réfléchies peut s'écrire :

$$v = 2a\omega\cos\omega\left(t - \frac{h}{V}\right)\sin\frac{\omega}{V}(x-h).$$

Le signal total reçu est la somme du signal parasite $V\cos(\omega t + \varphi)$ et du signal dû à l'effet Debye, qui, lui, est proportionnel à v. Il s'écrit alors

$$V\cos(\omega t + \varphi) + 2a\omega K\cos\omega\left(t - \frac{h}{V}\right)\sin\frac{\omega}{V}(x-h),$$

où K est un facteur de proportionnalité qui dépend de la solution.

L'amplitude de la tension détectée est proportionnelle à

$$\sqrt{V^2 + 4a^2\omega^2K^2\sin^2\frac{\omega}{V}(x-h) + 4a\omega VK\sin\frac{\omega}{V}(x-h)\cos\left(\frac{\omega h}{V} + \varphi\right)}.$$

En général, elle n'est donc pas une fonction sinusoïdale de x. Cependant, il faut remarquer que si l'on prend soin d'ajuster $\frac{\omega h}{V}$ à une valeur telle que $\frac{\omega h}{V} + \varphi = k\pi$, cette amplitude est alors très exactement proportionnelle à

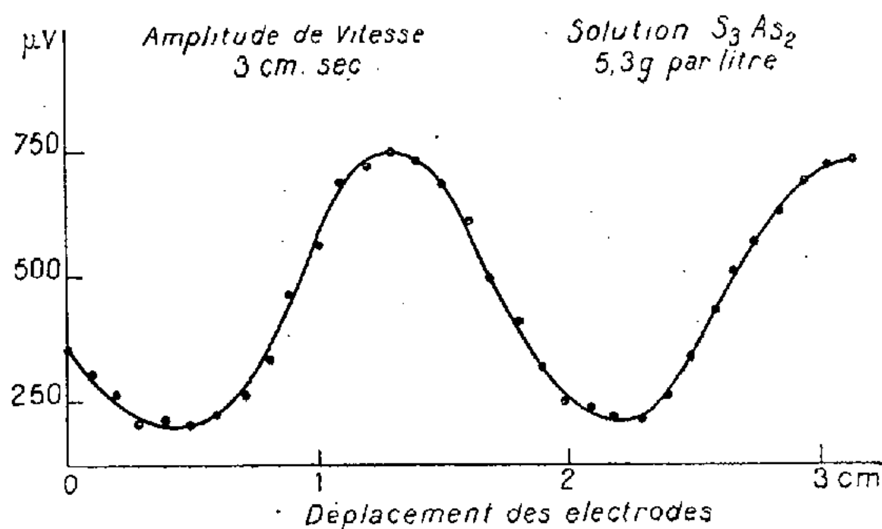
$$V + 2a\omega K\sin\frac{\omega}{V}(x-h) \quad \text{ou} \quad V - 2a\omega K\sin\frac{\omega}{V}(x-h).$$

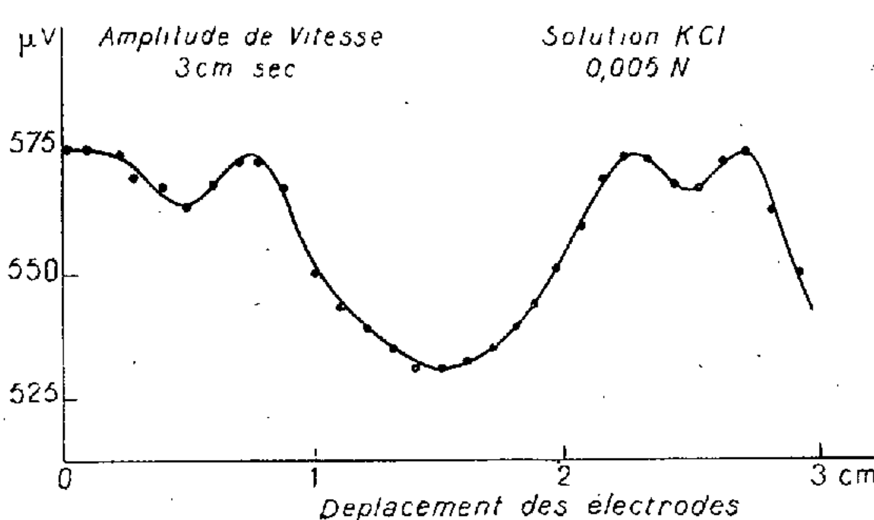
En déplaçant les électrodes dans le sens de la propagation de l'onde, le signal parasite est modulé en amplitude par la d. d. p. due à l'effet Debye. La pério-

dicité est λ et les variations de la tension détectée permettent une mesure de l'effet indépendamment de la présence de la tension parasite.

2. *Vérification expérimentale. Importance de l'effet Debye.* — La valeur des d. d. p. détectées est beaucoup plus importante pour des solutions colloïdales que pour des solutions électrolytiques. Elles sont proportionnelles à l'amplitude de vitesse et à la concentration.

La courbe (*fig.* 1) correspond à une solution colloïdale de sulfure d'arsenic à 5,3 g:l.





La courbe (*fig.* 2) correspond à une solution électrolytique de chlorure de potassium 0,005 N. Cette courbe peu sinusoïdale révélant d'ailleurs l'absence du réglage mentionné plus haut.

Dans ce dernier cas les résultats sont concordants avec ceux de Yeager [3] qui indiquait une d. d. p. de 5 μV environ par centimètre et par seconde.

SPECTROSCOPIE. — *Observations sur les spectres d'un arc entre électrodes d'aluminium dans l'air et dans l'hydrogène.* Note de MM. **Raymond Ricard** et **Alexis Dufour**, présentée par M. Jean Cabannes.

Au cours de recherches sur la stabilité d'arcs entre électrodes métalliques dans des atmosphères diverses, nous avons photographié les spectres d'arcs entre électrodes d'aluminium éclatant dans l'air ou dans l'hydrogène.

(3) Yearger, Bugosh et Hovorka, *Proc. Phys. Soc.*, 64, 1951, p. 83.

Les conditions étaient les suivantes :

	Arcs dans l'air.	Arcs dans H^2.
Intensité	4 A	4 A
D. d. p.	30 V	55 V
Distance des électrodes	1,5 mm	1,5 mm
Tension d'alimentation	240 V	240 V

Électrodes en aluminium commercial provenant d'une même baguette.

Spectrographe quartz, type « medium », $f_D = 60$ cm.

Tube à décharge spécial en bronze coulé avec porte-électrodes réglables et fenêtre de quartz.

Pression des gaz égale à la pression atmosphérique.

L'arc est stable dans l'air et dans l'hydrogène pourvu que la distance des électrodes soit inférieure à 3 mm.

Le spectre d'arcs entre électrodes d'aluminium dans l'air comprend entre 2250 et 4100 A, des raies Al I, Al II et Al, non classées. On remarque en outre des raies d'impuretés : raies du fer (Fe, Fe I et Fe II) très nombreuses (160), raies du silicium (Si I) et quelques raies ultimes des éléments suivants : Cu, V, Mn, Ga et Mg.

Dans le spectre de l'arc dans l'hydrogène, les raies de l'aluminium ont la même intensité ou sont un peu plus intenses que dans l'air, sauf le groupe de raies Al II à 3587 A beaucoup plus intenses dans l'hydrogène que dans l'air. Les raies renversées présentent un renversement plus net dans l'hydrogène; en outre les raies

Al	2567,99	Al I	3082,16
Al	2575,10	Al I	3092,71
Al	2575,41		

renversées dans l'hydrogène ne le sont pas dans l'air.

Les raies d'impuretés présentent des variations importantes.

Les raies du fer ont pratiquement disparu : 7 seulement sont observables dans l'hydrogène où elles subsistent très affaiblies. Les raies du silicium sont aussi très affaiblies; on ne trouve plus que les deux raies 2516,12 et 2881,58; les raies du cuivre et du vanadium ne sont plus visibles.

Les raies du manganèse et du gallium apparaissent légèrement renforcées tandis que les raies du magnésium sont considérablement renforcées. Les raies du zinc, totalement invisibles sur les spectres de l'arc dans l'air, sont très intenses dans l'hydrogène. On trouvera dans le tableau ci-dessous les longueurs d'onde et les intensités (notées de 0 à 10) de ces raies, très caractéristiques :

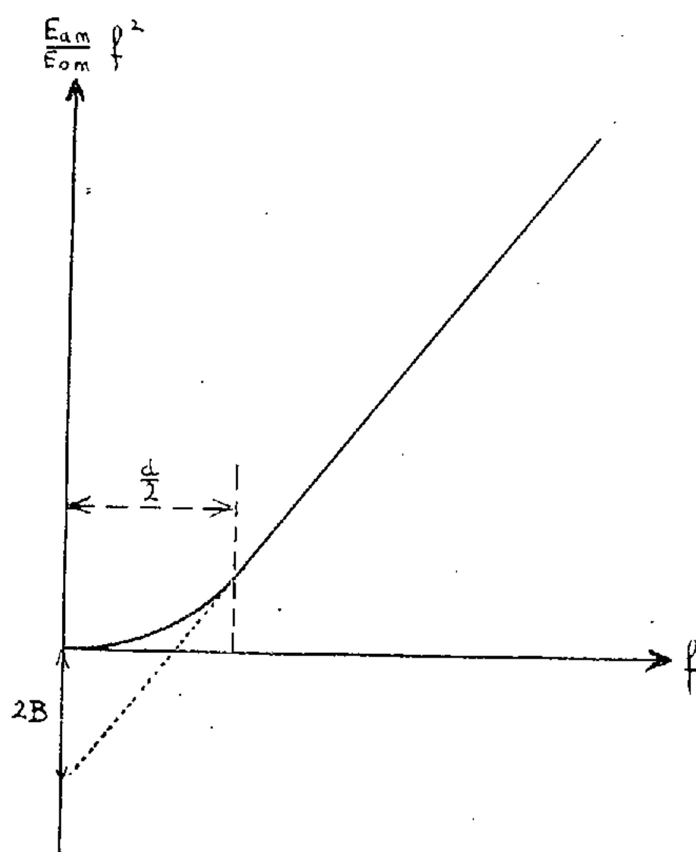
Longueurs d'onde.	Intensité (air).	Intensité (H_2).
2795,53 Mg II	1	8
2802,70 Mg II	0	8
2852,13 Mg I	2	8
3832,31 Mg I	–	2
3838,26 Mg I	–	4
3282,33 Zn I	–	2
3302,59 Zn I	–	10 Na ?
3345,02 Zn I	–	10

Enfin on note une raie du zirconium, 3601,19, peu intense dans l'hydrogène, invisible dans l'air, mais très caractéristique.

On peut conclure de ces observations que l'étude spectrographique d'un aluminium commercial effectuée dans les conditions habituelles (arc dans l'air) ne présente pas des conditions optima de sensibilité pour les divers atomes d'impuretés. On obtient un meilleur résultat en faisant éclater l'arc successivement dans l'air et dans l'hydrogène, technique de réalisation facile à l'aide d'un tube à décharge convenablement construit.

SPECTROSCOPIE. — *Méthode de mesure de l'intensité des bandes d'absorption infrarouge.* Note (*) de M. **Gilbert Amat**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note antérieure (1), nous avons montré comment des considérations géométriques relatives à l'influence de la largeur des fentes du spectrographe sur la forme des bandes d'absorption permettaient de déterminer par une



mesure directe, l'absorption totale A correspondant à une bande d'absorption infrarouge. Dans ce qui va suivre, nous conserverons les mêmes notations et les mêmes hypothèses : nous supposerons que les fentes utilisées sont suffisamment larges pour qu'il n'y ait pas lieu de tenir compte de la diffraction (ce qui revient, analytiquement, à considérer une fonction de répartition triangulaire) (2).

(*) Séance du 23 juillet 1951.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1752.

(2) Dennison, *Phys. Rev.*, 31, 1928, p. 503; Adel et Barker, *Rev. Mod. Phys.*, 16, 1944, p. 236.

1. Si I_o est constant, l'étude des variations de l'énergie absorbée maxima E_{am} en fonction de la largeur commune f des fentes d'entrée et de sortie du spectrographe conduit à la loi suivante :

Au voisinage de l'origine, la courbe représentant les variations de l'expression $(E_{am}/E_{om})f^2$ est osculatrice à la parabole représentant les variations de $(I_{am}/I_{om})f^2$.

Si $f > d/2$, la loi est linéaire

$$\frac{E_{am}}{E_{om}} f^2 = Af - 2B, \qquad \text{avec} \quad B = \int_{\nu_m - \frac{d}{2}}^{\nu_m} \left[\int_{\nu_m - \frac{d}{2}}^{\nu} K\, d\nu \right] d\nu.$$

2. Si I_o varie linéairement

$$I_o = I_{om} + I_{om}\, h(\nu - \nu_m),$$

on obtient (pour $f > d/2$) une loi analogue ;

$$(1) \qquad \frac{E_{am}}{E_{om}} f^2 = Af - 2B',$$

où B' est indépendant de f et peut être développé en série par rapport à h :

$$(2) \qquad B' = B - \frac{B^2}{2k_m} h^2 + \mu h^4 + \ldots$$

Dans ces conditions, l'énergie absorbée maxima E_{am} correspond à une fréquence ν'_m (pour laquelle les tangentes aux courbes représentant respectivement les variations par rapport à la fréquence de l'énergie transmise $E_o - E_a$ et de l'énergie incidente E_o sont parallèles). Cette fréquence expérimentale ν'_m est différente de la fréquence vraie ν_m qui correspond à I_{am}. En se limitant aux deux premiers termes du développement (2) on trouve, pour $f > d/2$:

$$\nu'_m - \nu_m = \frac{hB}{k_m}.$$

3. On retrouve expérimentalement la loi (1) avec une bonne précision. La détermination de la pente de la droite correspondante fournit une méthode de mesure de l'absorption totale A, meilleure que celle indiquée précédemment [3].

On peut en déduire, au moyen d'une extrapolation, l'intensité α de la bande

$$\alpha = -\frac{1}{cl} \int_{\nu_m - \frac{d}{2}}^{\nu_m + \frac{d}{2}} \log_e \left(1 - \frac{I_a}{I_o} \right)$$

(où c désigne la concentration du corps étudié et l la longueur de la cuve).

---

[3] BOURGIN, *Phys. Rev.*, **29**, 1927, p. 794 ; WILSON et WELLS, *J. Chem. Phys.*, **14**, 1946, p. 578.

L'expression A/cl tend vers α par défaut lorsque c ou l tendent vers zéro. L'extrapolation est meilleure avec des expressions de la forme

$$F(K) = -\frac{A}{cl}\frac{\mathrm{Log}_e(1-K)}{K},$$

$F(K_m)$, avec $K_m = I_{am}/I_{om}$, tendant vers α par excès et $F(\overline{K})$, avec $\overline{K} = A/d$, tendant vers α par défaut, lorsque c ou l tendent vers zéro.

EFFET RAMAN. — *Spectre de vibration d'un monocristal de sulfate de lithium monohydraté.* Note (*) de Mme **Colette Vassas-Dubuisson**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude détaillée en lumière polarisée montre dans le spectre l'existence d'un nombre de raies plus grand que celui qu'on peut théoriquement prévoir et une variation apparente de la fréquence de certaines raies avec l'orientation du cristal.

Li_2SO_4, H_2O cristallise par évaporation dans le système monoclinique, classe 2_1. Le monocristal [1] a été taillé sous la forme d'un parallélépipède rectangle dont les arêtes sont parallèles aux axes de l'ellipsoïde des indices. Le pouvoir rotatoire encore inconnu mais faible, rend cette taille impossible rigoureusement. L'erreur d'orientation comme le pouvoir rotatoire peuvent influer sur la polarisation apparente des raies, mais les erreurs résultantes sont inférieures à celles qui proviennent de la convergence du faisceau incident.

On désigne par 1, 2, 3 (2, axe binaire) un trièdre lié au cristal et par xyz un trièdre fixe (Ox faisceau incident, Oy faisceau diffusé). Il y a six orientations possibles du cristal dans lesquelles les arêtes sont parallèles à xyz. Dans chacun de ces six cas la lumière incidente a été successivement polarisée parallèlement à Oy et à Oz. Un wollaston placé sur le trajet du faisceau diffusé séparait sur la plaque les vibrations diffusées verticale et horizontale. Dans ces conditions l'intensité d'une raie quelconque est égale à l'un des termes seulement du tenseur d'intensité relatif à cette raie. Nous désignons de la façon suivante les termes de ce tenseur :

$$\begin{vmatrix} 11 & 12 & 13 \\ 21 & 22 & 23 \\ 31 & 32 & 33 \end{vmatrix}$$

L'intensité des raies, c'est-à-dire la valeur des termes des tenseurs sera représentée de la façon habituelle par les symboles : F (forte, m (moyenne), mf (plutôt faible), f (faible), tf (très faible), d (diffuse).

(*) Séance du 23 juillet 1951.

[1] Fourni par M. H. Jaffe de la Brush Dev. Co.

La précision des mesures de fréquence est de 1 à 3 cm^{-1} suivant que la raie est nette ou diffuse.

Raies de basse fréquence. — La plupart sont faibles. Elles sont classées en raies symétriques (σ) ou antisymétriques (α) par rapport à l'axe binaire.

σ : 53, 76, 99, 122 (m), 147 (f), 174 (m), 209 (m), 234 (tf), 247 (tf),

α : 83, 108, 139 (f), 155 (?), 172 (f), 196 (tf), 203 (tf), 262 (?) cm^{-1}.

Raies de fréquence comprise entre 600 *et* 650 cm^{-1}. — Toutes les raies de ce domaine sont diffuses et certaines atteignent des largeurs de plus de 30 cm^{-1}. Celles dont les fréquences sont soulignées et qui sont les plus intenses, proviennent certainement des vibrations dégénérées de l'ion SO_4 ($\nu_2 = 450$, $\nu_4 = 613$ cm^{-1}). Les résultats sont exprimés en cm^{-1}; dans les crochets sont indiqués les seuls termes du tenseur qui apparaissent et leur intensité. Pour toutes les raies observées, les tenseurs sont symétriques.

323 [13 (f, d)], 358 [11 (f), 12 (f)], 373 [23 (f)], <u>390</u> [11 (m), 33 (m), 13 (tf)], <u>400-410*</u> [23 (f, d), 12 (m, td)], 422 [22 (f), 11 (f)], 455 [11 (f), 33 (f), 13 (f)], <u>455-476*</u> [23 (m, td), 12 (m, td)], <u>489</u> [11 (m), 33 (m), 13 (F)], 495 [12 (f)], 572 (tf), 610 [11 (tf)], <u>635-646*</u> [11 (F), 22 (F), 33 (F), 23 (m), 12 (m)], 660 [12 (f), 23 (f)], 666 [11 (tf), 33 (tf)].

Raies de fréquence comprise entre 1000 *et* 1400 cm^{-1} — On y trouve la raie totalement symétrique de l'ion SO_4 (1010) et les raies provenant de la vibration triplement dégénérée ($\nu_3 = 1135$).

1010 (tF), <u>1100</u> [23 (F), 12 (F)], <u>1102-1105*</u> [11 (m), 22 (F), 33 (m), 13 (f)], 1115* [23 (f), 12 (m)], 1118 [33 (f)], 1134 [33 (f), 23 (f)], 1148 [12 (f), 32 (f)], <u>1152*</u> [11 (m), 33 (tf), 13 (tf)], 1177 [23 (tf), 12 (f)], <u>1180</u> [33 (m), 13 (F), 1195* [11 (m)], 1197*, [32 (m), 12 (tf)], 1207* [33 (m, d)], 1210* [23 (tf, d), 12 (m)], 1223* [23 (m), 12 (m, d)], 1291 (f, d), 1319 (f, d), 1370 (f, d).

Bandes de l'eau 1600, 3440, 3460, 3535, 3620 cm^{-1}.

Les raies qui dans les listes précédentes sont marquées d'une astérisque présentent des anomalies. Pour les fréquences inférieures à 650, la fréquence restant dans l'intervalle indiqué varie d'une orientation à une autre, la variation étant légèrement supérieure aux erreurs de mesure, quoique celles-ci soient fortes sur des raies très diffuses. Pour les fréquences supérieures à 1000, ces anomalies se manifestent plutôt par une disparition complète des raies dans des cas où les règles habituelles prévoient la raie intense. Ces anomalies peuvent s'expliquer partiellement par une variation de la fréquence en fonction de l'orientation du vecteur élastique $\vec{k}$ responsable de la diffusion ([2]). Mais dans cette hypothèse il ne suffit pas de donner une

([2]) L. Couture-Mathieu et J. P. Mathieu, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 839.

orientation déterminée à l'ellipsoïde de réfractivité et au vecteur incident pour définir la diffusion. Une rotation de 180° de cet ellipsoïde autour d'un de ses axes, qui théoriquement ne modifie pas la diffusion Raman, donne en réalité des spectres entièrement différents. C'est ce que nous avons observé; mais la série des poses à effectuer devient alors double de ce qui a été défini précédemment et n'est pas complètement achevée. Nous en donnerons les résultats prochainement.

RAYONS X. — *Émissions nouvelles dans les spectres* X *du tungstène et du mercure.* Note de M. **Gilbert Barrère**, présentée par M. Jean Cabannes.

Une raie satellite de $L\gamma_1$, soit $L\gamma'_1$ a été observée dans le spectre L du tungstène excité sous 400000 V, soit environ 40 fois le potentiel d'excitation nécessaire.

Quelques raies du spectre d'émission K du mercure excité sous 140000 V ont pu être mesurées et le niveau K du mercure a été calculé.

Je me suis proposé de rechercher les modifications intervenant dans les spectres lorsqu'ils sont excités sous des voltages anormalement élevés.

1. J'ai observé une émission nouvelle dans le spectre L du tungstène excité sous 400000 V avec un nouveau tube à rayons X dont la description sera prochainement publiée. L'anticathode comportait une large pastille de tungstène; les clichés ont été obtenus avec un spectrographe à cristal courbé de M[lle] Cauchois. Le système réflecteur utilisé est constitué par les plans réticulaires (100) du mica.

Cette émission, qui se situe à 1090,5 uX, est observable à 6 uX environ de $L\gamma_1$ vers les grandes fréquences et paraît se ranger sur la courbe des différences de fréquences entre $L\gamma'_1$ et la raie mère $L\gamma_1$ en fonction du numéro atomique, établie pour les autres éléments. Cette émission constitue donc $L\gamma'_1$ du tungstène non observée dans les conditions ordinaires d'excitation.

Les résultats sont mentionnés dans le tableau suivant :

Émission.	λ (en uX).	$\frac{\nu}{R}$.	$\Delta\frac{\nu}{R}$.	$\sqrt{\frac{\nu}{R}}$.	$\Delta\sqrt{\frac{\nu}{R}}$.
$L\gamma'_1$	1090,5	835,7	4,5	28,90	0,07
$L\gamma_1$	1096,31	831,22	0	28,8309	0

2. Au cours de recherches sur l'or, j'ai eu l'occasion d'observer et de mesurer quelques raies d'émission du spectre K du mercure contenu en impureté dans une couche d'or déposée sur l'anticathode. J'ai procédé de la même manière, mais à plus bas voltage, à 140000 V, de façon à diminuer autant que possible le fond continu dû au rayonnement parasite. J'ai utilisé le système réflecteur constitué par les plans $(\bar{2}01)$ du mica afin de pouvoir

obtenir les ordres supérieurs. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Émission.	λ en uX.	$\frac{\nu}{R}$.	Émission.	λ en uX.	$\frac{\nu}{R}$.
$K\alpha_1$.......	174,7±0,15	5217±6	$K\beta_5$.......	153,1±0,2	5952±8
($K\alpha_2$).....	(179,8)	(5068)	$K\beta_2$.......	149,9±0,2	6079±8

La raie d'émission $K\alpha_1$ du mercure a été mesurée directement sur les clichés, en premier ordre, en extrapolant par rapport aux raies $K\alpha_1$ de l'or (1) et du tungstène (1) et, en second ordre, par rapport aux raies $K\alpha_1$ du tungstène premier ordre et $K\alpha_1$ de l'or en deuxième ordre. L'imprécision due à la méthode pour le premier ordre, l'éloignement de la raie du tungstène et l'élargissement probable de la raie de l'or par la juxtaposition de la raie $K\alpha_2$ du mercure pour le second ordre, ne m'ont pas permis d'obtenir une meilleure précision.

La raie $K\alpha_2$ du mercure ne se distingue pas de la raie $K\alpha_1$ de l'or, même en quatrième ordre et ceci m'a conduit à lui attribuer une longueur d'onde de 179,8 *u*X.

Les raies $K\beta_5$ et $K\beta_2$ ont été mesurées au réglet sur des copies agrandies du cliché, par rapport aux raies $K\alpha_1$ du tungstène premier ordre et $K\alpha_1$ de l'or en deuxième ordre.

Les autres raies d'émission n'ont pu être isolées du spectre $K\beta$ de l'or.

Ces résultats permettent de calculer la fréquence du niveau K du mercure qui n'était pas connue : 6122 ± 6 (ν/R).

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Fluorescence et absorption du stilbène cristallisé.* Note (*) de M. **Paul Pesteil**, présentée par M. Jean Cabannes.

En étudiant la polarisation de la lumière réémise par les monocristaux de naphtalène, Benel (1) a montré que la vibration de fluorescence est fortement polarisée dans le plan de la molécule. Il a trouvé aussi que, si l'on excite la fluorescence par des vibrations parallèles à deux directions privilégiées du cristal, Y et Z, les intensités réémises, E_Y et E_Z, sont dans un rapport constant. Plus précisément, le rapport E_Y/E_Z, appelé rapport d'excitation, ne dépend pas des conditions de l'expérience.

Il nous a paru intéressant de reprendre des mesures analogues dans le cas du stilbène (diphényléthylène) $C_{14}H_{12}$ dont les deux noyaux benzéniques ne sont pas accolés.

Le stilbène cristallise dans le système monoclinique ; il appartient au groupe C_{2h}^5, et sa maille contient quatre molécules placées aux

(1) Mesurées par E. Ingelstam, *Nova Acta Reg. Soc. Sci. Upsal*, (4) n° 5.

(*) Séance du 23 juillet 1951.

(1) *Thèse*, Bordeaux, 1940 et *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 595.

points (o, o, o), $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, o)$, $(o, o, \frac{1}{2})$ et $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ [2]. Il suffit, pour construire la maille, de connaître les cosinus directeurs des axes L, M, N liés à l'une des molécules avec les axes principaux de l'ellipsoïde des indices 1, 2, 3 (L grand axe, M petit axe, N perpendiculaire au plan de la molécule). Ajoutons enfin que la symétrie est pseudo-orthorhombique, et que 1, 2 et 3 coïncident très approximativement avec les axes cristallographiques c' [perpendiculaire au plan (001)], a et b. Cette remarque et la connaissance des susceptibilités magnétiques nous ont permis de tailler un échantillon dont les arêtes sont parallèles aux trois axes principaux identifiés dans un champ magnétique.

Le cristal de stilbène, préparé à la section de Chimie-physique du Commissariat à l'Énergie Atomique par M. Pichat, est très fragile; nous avons employé, pour le tailler, une méthode utilisée dans le cas du spath, qui consiste à enrober l'échantillon dans du plâtre et à guider la lame de scie par des encoches.

Nous avons étudié séparément la fluorescence et l'absorption.

1. Pour étudier la fluorescence, nous nous sommes servi d'un montage analogue à celui décrit par Mlle Couture pour l'étude de l'effet Raman [3]. La lumière excitatrice, provenant d'une lampe Philora H. P. 500 à verre de Wood, arrivait suivant la direction Ox. Elle était polarisée suivant la direction Oy (horizontale) ou Oz (verticale) par un prisme de Glan placé, dans un faisceau parallèle, entre deux lentilles de quartz. Le rayonnement de fluorescence, émis dans la direction Oy, était analysé au moyen d'un Wollaston qui séparait la composante Ox de la composante Oz; un spectrographe, donnant une dispersion de 15 Å : mm dans le violet, séparait les diverses radiations.

Si α, β, γ sont les trois réfractivités principales suivant les trois axes L, M, N de la molécule, et si ε_{L1}, ε_{L2}, ..., ε_{N3} sont les cosinus directeurs de L, M, N avec 1, 2, 3, les intensités des vibrations réémises parallèles à 1, 2, 3, sont données par les relations (1) [1].

$$(1)\qquad \left\{\begin{array}{l} I_1 = \varepsilon_{L1}^2\alpha^2 + \varepsilon_{M1}^2\beta^2 + \varepsilon_{N1}^2\gamma^2, \\ I_2 = \varepsilon_{L2}^2\alpha^2 + \varepsilon_{M2}^2\beta^2 + \varepsilon_{N2}^2\gamma^2, \\ I_3 = \varepsilon_{L3}^2\alpha^2 + \varepsilon_{M3}^2\beta^2 + \varepsilon_{N3}^2\gamma^2. \end{array}\right.$$

Les valeurs expérimentales des trois rapports sont les suivantes :

$$(2)\qquad \frac{I_2}{I_1} = 1,6 \pm 0,1; \qquad \frac{I_3}{I_2} = 2,6 \pm 0,1; \qquad \frac{I_3}{I_1} = 4,0 \pm 0,1.$$

On vérifie bien les égalités $I_3/I_1 = (I_3/I_2)(I_2/I_1)$. Les systèmes (1) et (2) donnent, après qu'on a remplacé les ε par leurs valeurs : $\beta^2 = 1$; $\alpha^2 < 0,1$; $\gamma^2 < 0,1$.

Nous pouvons en conclure que la vibration réémise est polarisée suivant M; ce résultat est analogue à celui qu'a trouvé Benel [1] pour le naphtalène.

---

[2] Robertson, *Proc. Roy. Soc.*, A. 154, 1936, p. 187.

[3] *Ann. Phys.*, 2, 1947, p. 94.

2. Une étude qualitative de l'absorption a mis en évidence l'existence de trois bandes, dont les maxima sont respectivement situés vers 3680, 3830 et 3870 Å. Leurs coefficients d'absorption K sont très faibles vis-à-vis des bandes déjà signalées, situées en deçà de 3600 Å. Nous avons d'ailleurs pu vérifier, par une méthode de spectres croisés, que ces deux zones très différentes donnent le même spectre de fluorescence, composé de quatre bandes dont les maxima se situent vers 3950, 4150, 4380 et 4650 Å, et que ces bandes sont toujours polarisées de la même manière.

Les premiers résultats de ce travail en cours montrent que $K_3 \gg K_2 > K_1$, pour les trois bandes; ces inégalités sont analogues à celles obtenues pour les I. Cela fait prévoir une forte polarisation de l'absorption dans le plan de la molécule; cette conclusion est analogue à celle que Benel tire de la valeur des rapports d'excitation.

Nous n'avons pu vérifier, même grossièrement, la constance de ces rapports dans le cas du stilbène. Cela s'explique facilement par les considérations qui suivent : si K_1 et K_2 sont les coefficients d'absorption de deux vibrations parallèles à deux directions principales, et c la concentration, les intensités, à une distance x de la surface, sont données par les relations $E_1 = E_0 e^{-cK_1 x}$, et $E_2 = E_0 e^{-cK_2 x}$, et le rapport d'excitation doit évidemment dépendre de la distance x.

Le résultat obtenu par Benel implique, à la fois, une observation très près de la surface et une absorption faible. Dans le cas contraire, l'étude du pléochroïsme par la méthode dont il s'est servi se trouve nécessairement faussée.

OPTIQUE MOLÉCULAIRE. — *L'anisotropie optique des molécules de benzène et de nitrobenzène en solution dans le tétrachlorure de carbone.* Note (*) de Mme **Suzanne Keramsi**, MM. **Robert Lochet** et **Auguste Rousset**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans un gaz, l'intensité de la diffusion isotrope polarisée due aux fluctuations de densité et celle de la diffusion anisotrope dépolarisée due aux fluctuations d'orientation étant proportionnelles au nombre de molécules par centimètre cube, on peut déduire l'anisotropie moléculaire $\delta_0^2 = \Sigma(A - B)^2/2(\Sigma A)^2$ (A, B, C, réfractivités principales) de la seule mesure du facteur de dépolarisation ρ_0. Dans les milieux condensés (liquide ou solutions dans un solvant isotrope), la diffusion isotrope n'est plus proportionnelle au nombre de molécules par centimètre cube; mais si l'on suppose les molécules anisotropes orientées au hasard, on peut déduire l'anisotropie moléculaire δ^2

(*) Séance du 23 juillet 1951.

des mesures de la constante de Lord Rayleigh en lumière incidente naturelle N et polarisée P (1).

$$\delta^2 = \frac{5\lambda^4 N_1 M}{6\pi^2(\mu^2+2)^2 R_m^2} \frac{2N-P}{c} \tag{1}$$

(c, concentration; M, masse moléculaire; R_m, réfraction moléculaire du soluté anisotrope; μ, indice de la solution; N_1, nombre d'Avogadro).

Appliquée au liquide pur (2), cette formule conduit à une valeur de δ^2 inférieure à celle de δ_0^2, relative à la vapeur. Raman et Krishnan (3) ont expliqué cette variation par l'action du champ moléculaire dû aux moments induits dans les molécules immédiatement voisines. Si la molécule n'est pas sphérique, le champ moléculaire est anisotrope. En supposant la polarisation du milieu environnant homogène et *isotrope*, Raman et Krishnan ont pu calculer *a priori* les variations de réfractivités des molécules quand on passe du gaz au liquide.

Si, lorsqu'on ajoute des molécules anisotropes à un solvant isotrope l'indice du mélange varie peu, la théorie du champ moléculaire laisse prévoir une anisotropie moléculaire indépendante de la concentration, donc égale à celle du liquide anisotrope pur. Nos mesures sur les solutions de benzène et de nitrobenzène dans le tétrachlorure de carbone n'ont pas confirmé la théorie des auteurs hindous; des variations très importantes de δ^2 avec la concentration ont été observées, en sens inverse pour le benzène et le nitrobenzène.

a. Benzène. — δ^2 sensiblement constant et égal à 25.10^{-3} pour les solutions étendues ($c < 0,25$), diminue ensuite jusqu'à la valeur 17.10^{-3} dans le benzène pur. Or, pour la vapeur, $\delta_0^2 = 39.10^{-3}$: *la diminution de* 39 *à* 25.10^{-3} *peut être attribuée au champ moléculaire des molécules isotropes de tétrachlorure de carbone environnantes.* La nouvelle diminution de δ^2 aux fortes concentrations s'explique par le remplacement progressif des molécules isotropes du solvant par les molécules anisotropes de benzène, de réfractivité moyenne peu différente, mais *orientées*. Sous l'action des forces de dispersion, les axes de plus grande réfractivité de deux molécules de benzène, donc ici les plans des noyaux benzéniques, tendent vers le parallélisme. Il en résulte que, sous l'effet du champ moléculaire, la diminution de la plus grande des réfractivités et donc de l'anisotropie, devient très importante car dans les molécules de benzène voisines, les doublets induits parallèles ont aussi leur plus grande valeur, bien plus forte que dans les molécules de CCl_4.

b. Nitrobenzène. — δ^2 croît constamment avec la concentration en nitrobenzène depuis la valeur 38.10^{-3} dans les solutions étendues jusqu'à la valeur

(1) Ou encore des mesures de N et de ρ (dans le liquide) puisque $2N - P = 2N\rho/1+\rho$.

(2) Dans le liquide pur, $N_1 M/c(\mu^2+2)^2 R_m^2 = n/(\mu^2-1)^2$; d'où l'expression plus simple $\delta^2 = 5\lambda^4/6\pi^2[n(2N-P)/(\mu^2-1)^2]$ (n, nombre de molécules par centimètre cube).

(3) *Phil. Mag.*, 5, 1928, p. 498.

62.10^{-3} dans le nitrobenzène pur. Les mesures de polarisation diélectrique ont confirmé l'existence, dans le nitrobenzène pur et dans les solutions concentrées, de molécules doubles dues à la liaison antiparallèle des moments dipolaires; si les deux noyaux benzéniques restent parallèles, on peut admettre que lorsqu'on passe d'une molécule simple à une molécule double, les réfractivités principales sont sensiblement doublées et que par conséquent l'anisotropie optique ne varie pas. Mais l'intensité de la diffusion anisotrope, qui pour chaque molécule, simple ou double, varie comme $\Sigma(A-B)^2$, augmente avec le nombre des molécules doubles. *La valeur* 38.10^{-3} *obtenue dans les solutions diluées et relative aux molécules simples, doit donc se retrouver dans les solutions concentrées puisqu'elle vaut à la fois pour les molécules simples et doubles, mais il faut introduire dans la formule* (1) *le nombre* réel *des molécules, simples et doubles, au lieu du nombre de molécules supposées toutes simples* $N_1 c/M$. Réciproquement, du rapport des réfractivités calculées à partir de la formule (1) et de la réfractivité mesurée en solution diluée, on peut déduire la fraction molaire des molécules doubles; dans le nitrobenzène pur la valeur 0,63 ainsi obtenue est du même ordre de grandeur que celle que l'on peut déduire des mesures de biréfringence magnétique [4].

Ici encore, l'écart entre les valeurs $\delta_0^2 = 54.10^{-3}$ dans la vapeur et $\delta^2 = 38.10^{-3}$ dans les solutions très étendues s'explique par la théorie du champ intermoléculaire de Raman et Krishnan.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Spectres d'absorption infrarouges de carbonates métalliques à l'état de poudre.* Note (*) de Mlle **Jeannine Louisfert**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié, entre 1200 et 650 cm^{-1}, à l'aide d'un spectrographe Perkin-Elmer 12 C, muni d'un prisme de chlorure de sodium, une vingtaine de carbonates métalliques anhydres, à l'état de poudre. Certains de ces spectres ont été publiés entre temps [1], sans interprétation théorique; mais nous avons pu pointer beaucoup de bandes faibles ou assez fortes, qui n'avaient pas été signalées auparavant.

1. Pour toutes les bandes fortes, les maxima d'absorption d'un même corps apparaissent exactement aux mêmes positions, qu'il s'agisse de poudres obtenues par broyage à partir de cristaux naturels ou de produits synthétiques, préparés et analysés par M. Clément Duval. Ce résultat pouvait être prévu, puisque les grains possèdent de grandes

---

(4) *Voir* la mise au point de A. Piekara (*Acta Physica Polonica*, **10**, 1950, p. 37 et 107).

(*) Séance du 23 juillet 1951.

(1) J. M. Hunt, M. P. Wisherd et L. C. Bonham, *Anal. Chem.*, **22**, 1950, p. 1478.

dimensions par rapport à celles des molécules. Pour les bandes faibles, l'accord continue à être satisfaisant; cependant il arrive que certains maxima peu marqués ne se laissent mesurer qu'avec des carbonates synthétiques, dont la nature physique permet la préparation de couches minces mieux appropriées. Nous pouvons ainsi comparer les spectres de cristaux broyés à ceux de substances dont on ne possédait pas d'échantillons naturels.

2. Nous nous contenterons actuellement de passer en revue les principales zones d'absorption vers 1050-1096, 820-880 et 675-745 cm^{-1}, qui correspondent à des oscillations internes bien connues de l'ion CO_3. Nous laisserons de côté ici de nombreuses bandes d'absorption moyennes ou faibles : à intensité égale, elles sont toujours beaucoup plus larges et plus estompées que celles qui correspondent aux vibrations fondamentales.

Nous rappelons que la symétrie D_{3h} de l'ion CO_3^{--} libre se transforme en D_3 dans la calcite (couplage de deux ions plans) [2], en C_3 dans la dolomie (couplage de deux ions pyramidaux à symétrie ternaire) et en C_s dans l'aragonite et la cérusite (couplage de quatre ions pyramidaux ne possédant pas la symétrie ternaire) [3]. Nous reviendrons dans un travail ultérieur sur la symétrie de l'ion CO_3^{--} dans les autres substances.

Région de 1050 *à* 1096 cm^{-1}. — Qu'il s'agisse de carbonates appartenant aux systèmes rhomboëdrique ou orthorhombique, tous nos spectres présentent une bande forte. Li (1096, TF). Mg (1086, F), Dolomie (1086, f), K (1063, F), Calcite (1088, f), Ca (1088, f), Aragonite (1078, TF), Sidérose (1086, m), Mn (1078, F), Ni (1077, m), Co (1076, TF), Zn (1048, TF), Strontianite (1072, TF), Sr (1072, TF), Cd (1082, TF), Tl (1034, F), Withérite (1060, TF), Ba (1060, TF), Cérusite (1050, TF), Pb (1050, TF), Bi (1067, F). Pour la Calcite, la vibration (du type A_{1u}) devrait être inactive en absorption [2], et, pour l'Aragonite ou la Cérusite, il apparaît une bande forte au lieu des deux bandes faibles prévues [3].

Région de 820 *à* 880 cm^{-1}. — Sauf pour la Dolomie et la Sidérose, quel que soit le système, nous trouvons deux bandes, dont généralement celle de plus grande fréquence présente une intensité beaucoup plus forte que l'autre. Li (860 TF, 870 TF) Mg (860 TF, 870 TF), Dolomie (879 TF), K (876 TF, 853 m), Calcite (876 TF, 848 m), Ca (876 TF, 848 m), Aragonite (850 TF, 840 F), Sidérose (873 TF), Mn (863 TF, 837 m), Ni (851 m, 832 TF), Co (866 TF, 831 TF), Zn (891 F, 836 TF), Strontianite (860 TF, 844 m), Sr (860 TF, 844 m), Cd (860 TF, 836 m), Tl (865 F, 844 F), Withérite (858 TF, 840 F), Ba (855 TF, 842 TF), Cérusite (838 TF, 821 f), Pb (840 TF, 825 f), Bi (845 TF, 820 m). Avec une symétrie C_s de l'ion CO_3,

(2) J. Cabannes, *Revue scientifique*, 80, 1942, p. 407.

(3) L. Couture, *Ann. Phys.*, 2, 1947, p. 5.

la bande forte (type B_{1u}) et la bande faible ou moyenne (type B_{2u}) sont conformes aux prévisions ([3]). Avec les symétries C_3 et D_3, il ne devrait exister qu'une bande forte, alors que nous en trouvons deux pour la calcite par exemple.

Région de 675 *à* 745 cm^{-1}. — D'après ce que l'on peut prévoir, elle doit être assez compliquée pour la symétrie C_s (deux bandes fortes B_{3u} et B_{2u} et une bande faible B_{1u}), et assez simple pour les symétries D_3 et C_3 (une bande forte E_u) ([3]). Li (711 tf, 720 f, 741 m), Dolomie (681 f, 729 TF, 745 f), K (670 f, 682 m, 686 m, 706 m, 721 tf), Calcite (674 f, 713 TF, 721 f), Ca (674 f, 713 TF, 721 f), Aragonite (697 TF, 709 TF), Sidérose (720 f, 740 TF), Mn (676 tf, 705 tf, 720 tf, 726 F), Ni (721 f), Co (719 m, 731 m, 745 m), Zn (686 f, 711 TF, 721 f, 738 F), Strontianite (696 F, 705 F, 721 m), Sr (676 f, 696 F, 705 F, 721 m), Cd (675 f, 705 f, 723 TF), Tl (669 f, 675 F, 697 tf, 721 f), Withérite (673 f, 689 TF, 720 m), Ba (673 f, 689 TF, 703 f, 721 m), Cérusite (672 m, 689 m, 720 f), Pb (675 TF, 687 TF, 708 f, 720 f, 732 f), Bi (686 F, 717 f). Pour les cristaux orthorhombiques, la théorie semble se trouver justifiée; mais, pour les cristaux rhomboëdriques, nous trouvons un nombre de maxima supérieur aux prévisions. Il est probable que la région est compliquée par la présence de maxima dus à des combinaisons de fréquences du réseau cristallin. L'attribution des bandes à des modes de vibration déterminés ne sera possible qu'après l'étude en lumière polarisée, qui est en cours.

Pour nous borner à la structure la plus simple (calcite), l'existence d'un nombre de bandes supérieur à celui de la théorie classique pourrait être en faveur des idées développées par C. V. Raman. D'autre part, la possibilité de recourir à des couches pulvérulentes d'épaiseurs variables permet, dans plusieurs cas, de mettre en évidence des couplages ou des modifications de la symétrie de l'ion CO_3, par l'apparition de bandes faibles, plus facilement qu'avec le spectre de diffusion, dont l'étude simultanée est évidemment indispensable.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *La vibration* C=O (*fondamentale et harmoniques*) *étudiée au moyen de l'absorption infrarouge des cétones*. Note (*) de Mlle **Lucienne Recart**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons déterminé les positions et les intensités de la vibration fondamentale C=O et de ses cinq premiers harmoniques pour une douzaine de cétones aliphatiques, aromatiques et cyclaniques. Cette étude, qui nécessitait l'emploi de plusieurs spectrographes, en raison du domaine spectral relativement étendu à examiner (5, 8 à 1 μ), n'avait pas à notre connaissance, encore

(*) Séance du 23 juillet 1951.

été entreprise. La vibration fondamentale avait déjà donné lieu à de nombreux travaux, mais, pour les harmoniques, J. W. Ellis [1], J. W. Sappenfield [2], C. Corin [3], et P. Bayard [4] n'avaient fourni que peu d'exemples et ne s'étaient occupés que du point de vue qualitatif.

I. Pour les cétones aliphatiques et cyclaniques, le fondamental de la vibration $C=O$ se place vers 1710-1720 cm^{-1}, ce qui est bien connu, et les harmoniques successifs vers 3400, 5200, 7000, 8300 et 9700 cm^{-1}. Pour la série aromatique, les nombres d'ondes sont un peu plus petits, résultat en accord avec les recherches antérieures. Si l'on admet que la position des harmoniques est représentée par la formule de Kratzer :

$$\nu_n = n\nu_0 (1 - nx)$$

où n est le rang de l'harmonique, ν_n et ν_0 les fréquences de l'harmonique n et du fondamental (cette dernière corrigée pour une vibration nulle), et x une constante d'anharmonicité, la représentation graphique de ν_n/n en fonction de n doit être une droite (résultat facile à contrôler).

Nous avons constaté que la formule cadre bien avec l'expérience pour $n=1$, 2 et 6, assez bien pour $n=5$, et pas du tout pour $n=3$ et 4. Nous pensons que ces deux derniers harmoniques sont perturbés par la présence de vibrations carbone-hydrogène voisines. Cette hypothèse est renforcée par deux constatations : *a.* pour un composé tel que $CCl^3-CO-Cl$, où il n'y a plus d'atomes d'hydrogène, les points expérimentaux se placent bien sur la droite prévue; *b.* lorsque la longueur de la chaîne carbonée varie, les bandes CH se déplacent vis-à-vis des bandes $C=O$, et la perturbation de ces dernières est d'autant plus faible que les premières en sont plus éloignées.

La connaissance de la constante x permet d'obtenir des valeurs raisonnables pour la chaleur de dissociation.

II. Les perturbations précédentes pour les harmoniques $n=3$ et $n=4$, se retrouvent dans les valeurs du coefficient d'absorption ε. On ne tiendra pas compte de ces harmoniques dans ce qui suit :

Pour une même cétone, la variation de $\log\varepsilon$ en fonction de n est sensiblement linéaire.

Pour un même harmonique, la variation de ε dépend de la nature de la chaîne cétonique. Ainsi, pour les cétones aliphatiques, il y a lieu de considérer séparément les cétones symétriques et les cétones dissymétriques. Dans l'une ou

---

(1) *Phys. Rev.*, **24**, 1924, p. 48-62; *ibid.*, **32**, 1928, p. 906-912; *J. Amer. Chem. Soc.*, **51**, 1929, p. 1392-1394.

(2) *Phys. Rev.*, **33**, 1929, p. 37-42.

(3) *Deuxième Congrès national pour l'avancement des sciences Belg.*, 1935, p. 606-612; *J. Chim., phys*, **32**, 1935, p. 241-268; *ibid.*, **33**, 1936, p. 448-473.

(4) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 177.

l'autre série, ε croît avec le nombre d'atomes de carbone de la chaîne. Considérons par exemple le fondamental :

Cétones symétriques :

acétone	536
diéthylcétone	1 100
dipropylcétone	1 630

Cétones dissymétriques :

méthyléthylcétone	447
méthylamylcétone	1 080
méthylhexylcétone	1 880
méthylnonylcétone	2 220

Cependant, pour l'harmonique $n = 2$, la variation a lieu en sens inverse, ce qui peut s'attribuer à une perturbation due au voisinage d'une bande CH très intense.

PHOTOPHORÈSE. — *De la photophorèse dans le vide très poussé.* Note de (*) MM. **Félix Ehrenhaft** et **Ernst Reeger**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons déjà fourni plusieurs photographies prouvant l'existence de la photophorèse positive et négative et la rotation de la matière dans le vide très poussé (10^{-6} Torr).

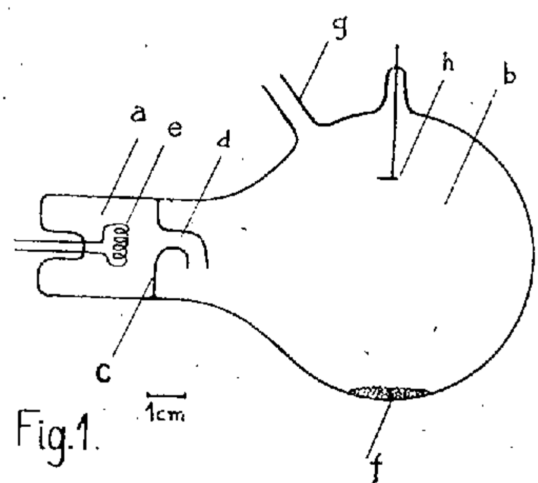
Afin de faciliter la reproduction de nos expériences, nous donnons figure 1 un schéma du récipient utilisé. Les expériences sont exécutées dans la partie sphérique (*b*) qui contient le corps d'essai (*f*). La partie cylindrique (*a*) communique avec (*b*) par l'intermédiaire d'un petit tube fixé sur la paroi séparant les deux parties. Cette portion cylindrique contient le Getter (Baryum métallique) et un dispositif permettant de l'échauffer (spirale de tungstène *e*). Un tube (*g*) permet de mettre l'ensemble en communication avec un groupe de pompes et est soudé à la lampe lorsqu'on a atteint le vide désiré; (*h*) est une petite plaque métallique sur laquelle on peut amener un peu du corps d'essai.

Le miroir de Baryum qui se forme sur les parois intérieures maintient un degré de vide très poussé, même après fermeture du récipient.

On a opéré en lumière solaire horizontale. Une partie des expériences ont été exécutées à l'observatoire du Sonnblick à 3 100 m d'altitude (*cf.* photos marquées S). Les corps d'essai utilisés ont été du graphite (photos ci-jointes), du fer et du cobalt.

Si l'on ébranle très légèrement le récipient (en le faisant tourner sur son

(*) Séance du 23 juillet 1951.



g
h
b
a
e
d
c
1cm
Fig.1.
f

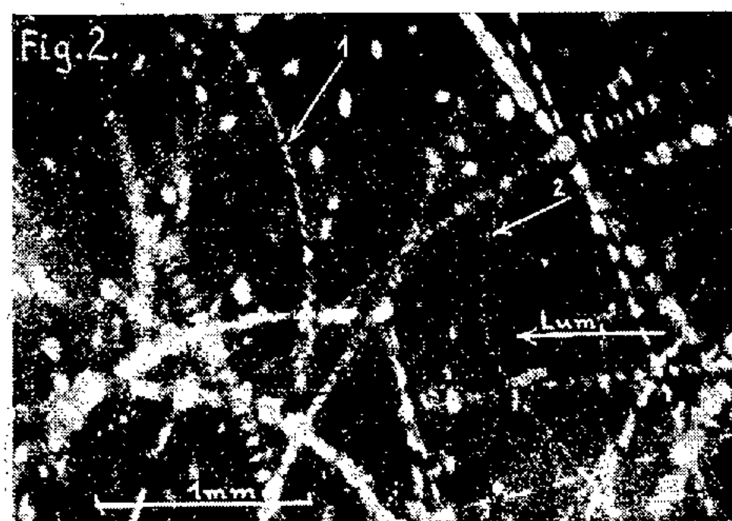


Fig.2.
1
2
Lum.
1mm

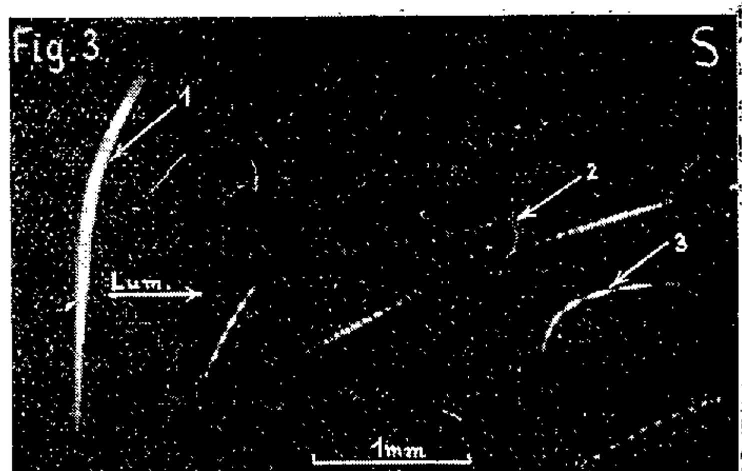


Fig.3.
S
1
2
3
Lum.
1mm

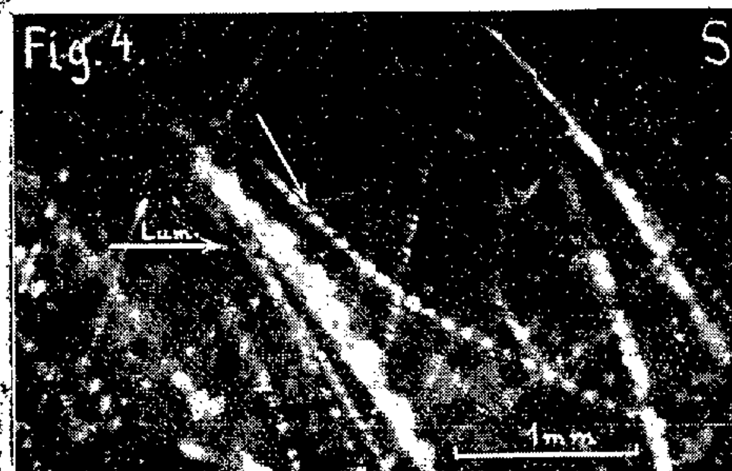


Fig.4.
S
Lum.
1mm

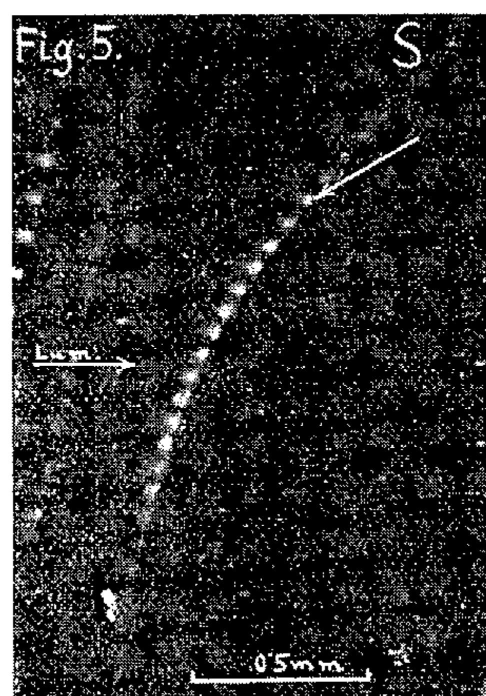


Fig.5.
S
Lum.
0.5mm



Fig.6.
1mm
S
Lum.



Fig.7.
S
Lum.
1mm

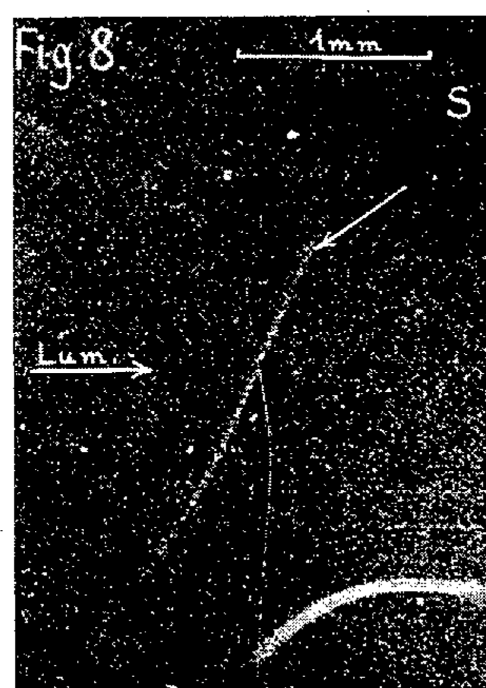


Fig.8.
1mm
S
Lum.

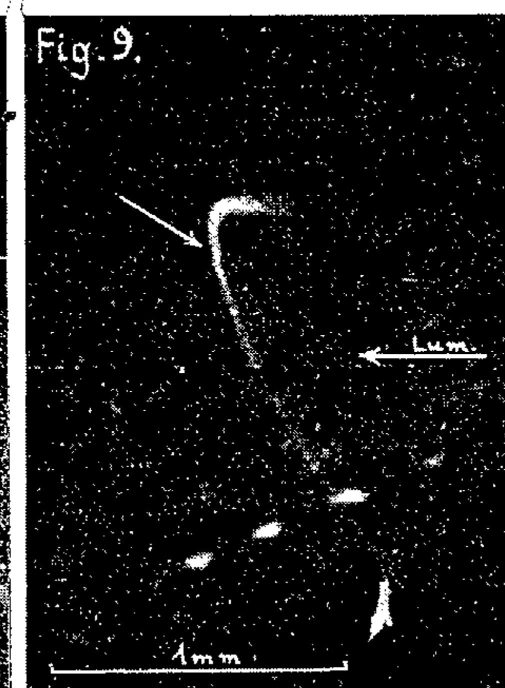


Fig.9.
Lum.
1mm

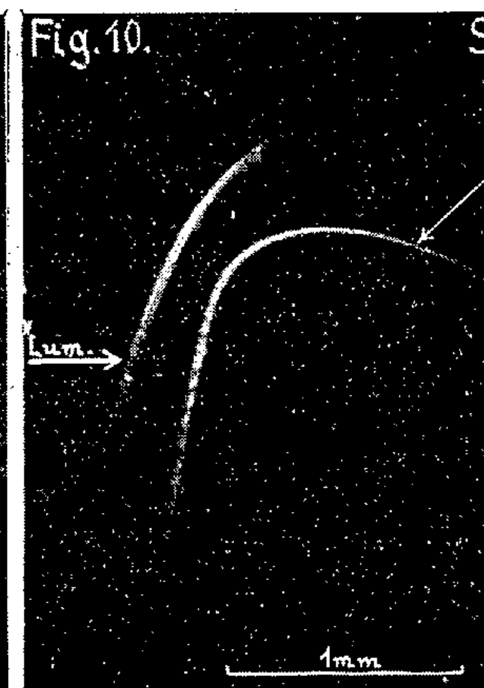


Fig.10.
S
Lum.
1mm

support par exemple), les particules tombent des parois supérieures ou de la petite plaque métallique (*h*) et elles se trouvent en partie projetées obliquement ou réfléchies par la paroi inférieure, de sorte qu'elles parviennent dans le rayon dans toutes les directions possibles.

Beaucoup de particules dont une faible partie seulement du trajet s'effectue dans le rayon lumineux ne donnent que des trajectoires courtes pratiquement rectilignes. Toutes les trajectoires plus longues sont plus ou moins courbées, comme on doit s'y attendre, puisque déjà sous l'influence de la seule pesanteur les particules doivent décrire des paraboles. C'est pourquoi nous avons délibérément laissé de côté celles des trajectoires dont la forme permet de supposer qu'il s'agit de telles paraboles.

D'autant plus importantes apparaissent alors celles dont la forme permet d'affirmer qu'il ne s'agit pas de paraboles dues à la pesanteur, mais bien au contraire à une force horizontale. Celles des trajectoires qui, précisément dans la région de plus forte intensité lumineuse, subissent une sensible modification de direction, tout en restant par ailleurs faiblement courbées sont tout particulièrement intéressantes (*fig.* 3, traj. 1; *fig.* 4, 5, 7). Les particules se montrent partie photopositives (*fig.* 2, traj. 1; *fig.* 3, traj. 1 et 3; *fig.* 4, 5, 6, 7, 10), partie photonégatives (*fig.* 2, traj. 2; *fig.* 3; traj. 2; *fig.* 8 et 9).

La rotation rapide des particules dont il a déjà été question dans une Communication précédente et qui se manifeste par un aspect ponctué des trajectoires est également en évidence sur les photographies présentées ici (*voir* en particulier les *fig.* 3, 4, 5, 6). L'aspect ponctué qu'on observe sur la figure 2 a une tout autre cause : pendant la photographie l'appareil était obturé périodiquement (2 400 fois par seconde).

La gravitophotophorèse est également à constater dans le vide très poussé [1]; ces expériences sont actuellement en cours.

PHOSPHORESCENCE. — *Action extinctrice du fer sur le sulfure de zinc luminescent.* Note (*) de M. **Noubar Arpiarian**, présentée par M. Jean Cabannes.

Lors d'un travail préliminaire sur l'action extinctrice des métaux du groupe du fer sur le sulfure de zinc activé au cuivre [1], nous avions reconnu la difficulté que présentait l'étude des produits éteints par le fer.

Cette difficulté tient au fait que l'extinction par le fer est beaucoup moins énergique que par le nickel et le cobalt. En outre, il ne faut pas se contenter de

---

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 515, fig. 1.

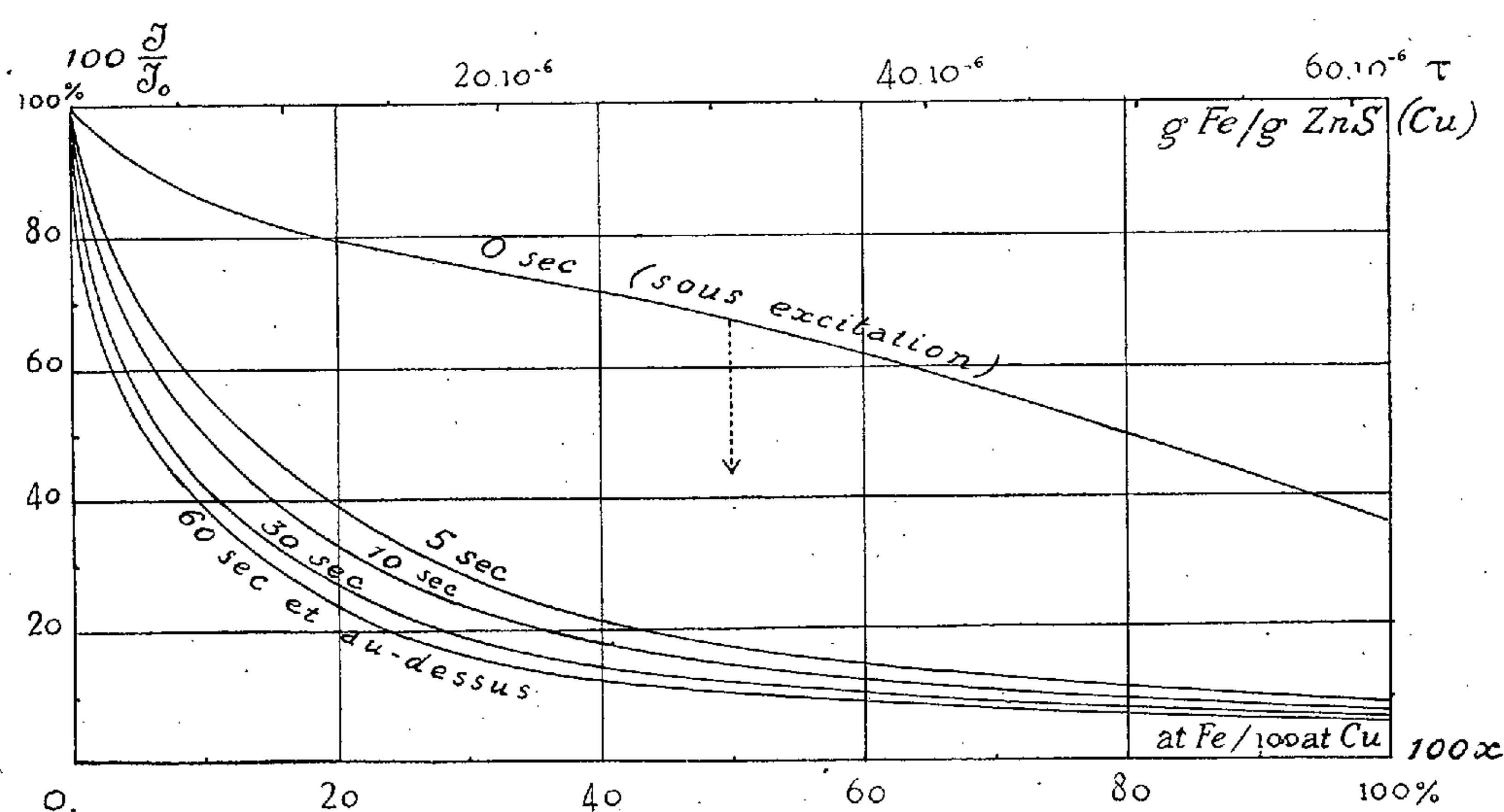
(*) Séance du 23 juillet 1951.

(1) Saddy et Arpiarian, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1948.

mesures faites sur un seul échantillon de chaque produit, car des fluctuations diverses, dues à des causes mal connues, peuvent intervenir d'un échantillon à l'autre.

J'ai donc abordé une étude expérimentale méthodique portant sur ZnS (Cu) (titre en Cu : 7.10^{-5} g de Cu par gramme de sulfure), additionné de fer aux titres suivants : $\tau = 0,5$, 1, 1,5, 2, 5, 10, 20 et $61,5.10^{-6}$ g:g de ZnS (Cu). Chacune de ces substances était reproduite en cinq exemplaires, avec autant de cuissons distinctes à 1150°, et le produit de référence au cuivre pur en 12 exemplaires. Chacun de ces 52 échantillons, excité à l'ultraviolet (3 600 Å), à fait l'objet d'une mesure de déclin au nitomètre, à la température ambiante de 20°. Les résultats moyens ont été adoptés pour chaque titre.

Désignons par x le *titre atomique* : rapport du nombre d'atomes de fer au



Courbes isochrones du pourcentage de luminescence subsistant, à divers instants du déclin, en fonction du titre atomique et du titre en fer.

nombre d'atomes de cuivre par unité de volume; $\mathfrak{I}(t)$ l'intensité de luminescence, en unités arbitraires, à l'instant t du déclin, $\mathfrak{I}(0)$ étant l'intensité sous excitation; $\mathfrak{I}_0(t)$ et $\mathfrak{I}_0(0)$ les quantités correspondantes relatives au ZnS (Cu) pur; $y = \mathfrak{I}/\mathfrak{I}_0$ la fraction de luminescence subsistant à l'instant t, après addition de fer. La figure représente quelques unes des isochrones obtenues.

I. La comparaison avec les résultats relatifs aux deux autres extincteurs du groupe du fer conduit aux conclusions suivantes :

1. L'isochrone 0 de Fe est au-dessus des isochrones 0 de Ni et de Co : à titres atomiques égaux, Fe éteint moins que Ni et que Co la luminescence sous excitation.

2. Toutes les isochrones de Fe sont au-dessus de toutes les isochrones

de Ni, y compris l'isochrone o : pour tout titre atomique et pendant toute la durée du déclin, Fe éteint moins la luminescence que Ni, même sous excitation.

3. Toutes les isochrones de Fe sont au-dessus de l'isochrone o de Co : pour tout titre atomique, la luminescence est moins éteinte par Fe pendant toute la durée du déclin que ne l'est la luminescence sous excitation par Co.

4. Hormis ces remarques, le comportement de Fe se rapproche de celui de Ni, et donc diffère profondément de celui de Co

α. par la régularité des isochrones (absence de maximum),

β. par l'augmentation avec le temps de l'effet extincteur, entre o et 60 s tout au moins (flèche verticale descendante).

II. *Isochrone d'équilibre.* — Il existe pour le fer une isochrone d'équilibre assez vite atteinte : au bout de 60 s environ, et aux erreurs d'expérience près, toutes les isochrones se superposent.

On peut alors parler d'un coefficient d'affaiblissement relatif de la phosphorescence $1 - \mathcal{J}/\mathcal{J}_0$, facilement lisible sur la figure, et comparable au coefficient d'affaiblissement relatif de la fluorescence : la phosphorescence est environ 4 fois plus éteinte par Fe que la luminescence sous excitation.

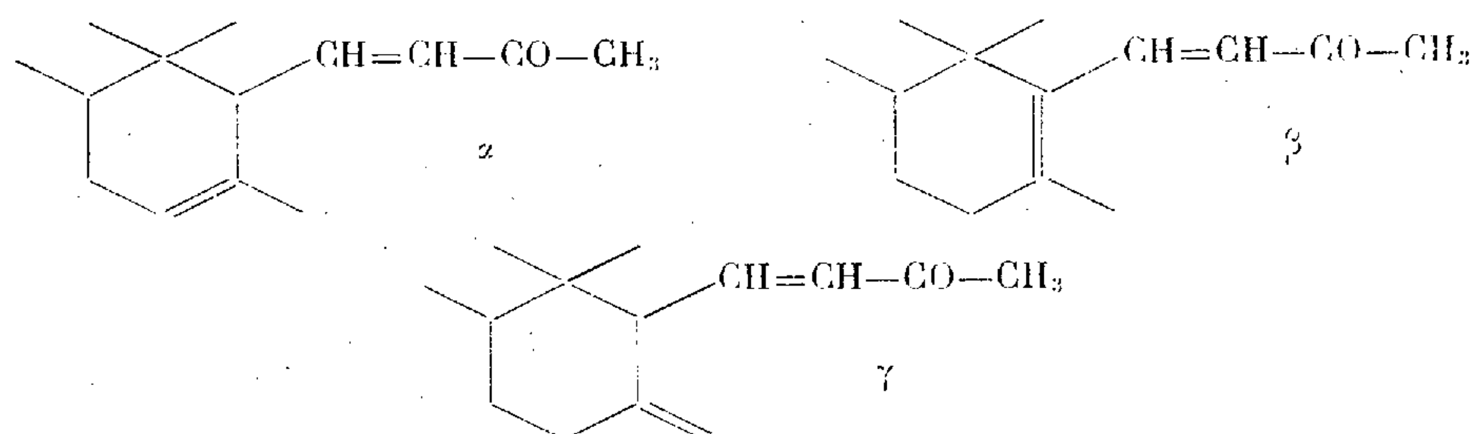
L'existence d'une isochrone d'équilibre s'explique assez naturellement. Si l'on adopte le schéma de Schön-Klasens ([2]), on voit que les centres Fe, normalement pleins, se vident au début du déclin par transfert d'activation des centres Cu vers les centres Fe (par migration des trous dans l'hypothèse de Schön et Klasens), ce qui a pour résultat d'augmenter l'effet extincteur. On peut admettre que le nombre des centres Fe présents est limité à la fraction x du nombre des centres Cu. Il doit donc vraisemblablement s'établir un régime d'équilibre où le rapport des centres Fe activés et des centres Cu activés ne varie plus avec le temps : l'effet extincteur se stabilise.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Spectres d'absorption infrarouges (région de 5,6 à 6,3 μ) d'ionones, d'irones (méthyl-6 ionones) et de dérivés.* Note de MM. **Yves-René Naves** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons obtenu, au moyen de plusieurs spectrographes à prisme de chlorure de sodium ou de fluorure de calcium (Beckman IR 2, Perkin-Elmer 12 B et 12 C), entre 5,8 et 15 μ environ, les spectres d'absorption d'une vingtaine d'ionones, d'irones et de dérivés, ainsi que ceux de plusieurs cétones aliphatiques à fonction éthylénique, pris comme termes de comparaison. Nous nous bornerons ici à identifier les maxima d'absorption observés dans la région de 5,8 à 6,3 μ environ avec les vibrations de valence C=C et C=O, et à com-

([2]) Kröger, *Some aspects of the Luminescence of Solids*, Amsterdam, 1948, p. 224.

parer nos résultats à ceux de l'effet Raman [1]. Des études dans l'infrarouge avaient été faites antérieurement [2], mais la très grande difficulté de purifier ces substances de structure compliquée explique certaines divergences avec nos prédécesseurs, tant pour l'apparition de bandes d'absorption que relativement à leur interprétation. Nous rappelons les formules des α, β et γ-irones (méthyl-6 ionones), et nous indiquons que, dans les dihydrocétones, la chaîne latérale se trouve saturée et devient —CH_2—CH_2—CO—CH_3. On passera facilement aux formules des dihydroirols (qui contiennent une fonction alcool à la place de la fonction cétonique).



Le tableau contient les positions des bandes infrarouges avec, entre parenthèses, celles des raies Raman mesurées antérieurement [3]. Il existe une bonne

	cm^{-1}.	cm^{-1}.	cm^{-1}.	cm^{-1}.	cm^{-1}.
α–ionone...........	–	1618 (1618)	–	1672 (1672)	–
α–irone............	–	1620 (1620)	–	1672 (1672)	–
Néo, α–irone........	–	1622 (1630)	–	1672 (1674)	–
Iso, α »	–	1622 (1618)	–	1672 (1672)	–
Néo, γ »	–	1620 (1628)	1645 (1643)	1670 (1673)	–
» β–ionone........	1590–1610 (1582–1608)	–	–	1672 (1674)	–
» β–irone.........	1590–1620 (1598–1602)	–	–	1666–1672 (1672)	–
Dihydro–α–ionone....	–	–	–	1668 (1673)	1712 (1715)
» α–irone.....	–	–	–	1670 (1669)	1712 (1718)
» iso, α–irone..	–	–	–	1672 (1668)	1708 (1704–1712)
» γ–irone.....	–	–	1645 (1646)	–	1709 (1716)
» α–ionol......	–	–	–	1672 (1679)	–
» α–irol.......	–	–	–	1674 (1677)	–
» iso, α–irol...	–	–	–	1669 (1682)	–
» γ–irol.......	–	–	1645 (1644)	–	–
Cis–tétrahydroionone.	–	–	–	–	1708
Cis–tétrahydroirone...	–	–	–	–	1707

(1) Naves, *Helv., Chim. Acta*, 31, 1948, p. 896; Naves et Bachmann, *ibid.*, **32**, 1949, p. 394; Günthard et Ruzicka, *ibid.*, 31, 1948, p. 642; **32**, 1949, p. 2125. Voyez, d'une façon générale, Naves, *Bull. Soc. chim.*, 1951, p. D. 107.

(2) Günthard et Ruzicka, *loc. cit.*

(3) Naves et Bachmann, *loc. cit.*

concordance entre les résultats des deux méthodes. Nous avons adopté la nomenclature proposée par l'un de nous ([4]) et développée ultérieurement ([5]).

La région aux environs de 1670 cm^{-1} correspond à une forte bande d'absorption pour tous les composés, sauf la dihydro-γ irone, le dihydro-γ irol et les tétrahydro ionone et irone. Elle provient, par conséquent, d'une double liaison du noyau. Mais, pour les cétones α, il se superpose une bande cétonique, dont la fréquence est abaissée par suite de la liaison —CH=CH—, *cis* ou *trans*, contiguë au carbonyle.

Lorsque cette conjugaison disparaît, on retrouve les nombres d'ondes normaux de la liaison C=O vers 1704-1718, chez les dihydro et tétrahydrocétones.

Dans les α et γ cétones, la fréquence de la double liaison de la chaîne se trouve abaissée vers 1620 cm^{-1}, et, dans les cétones β, vers 1590-1620 cm^{-1}, avec un élargissement considérable de la bande, à cause de la conjugaison avec la double liaison du noyau. Le groupement CH_2 en γ, dans les cétones et les alcools, se traduit par un maximum aux environs de 1645 cm^{-1}.

Ces attributions semblent confirmer les conclusions données antérieurement par l'un de nous et sont en accord avec celles de divers auteurs pour d'autres substances.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Recherches sur la radioactivité β du bore 12 et du lithium 8.* Note de M. **Georges Vendryes**, présentée par M. Frédéric Joliot.

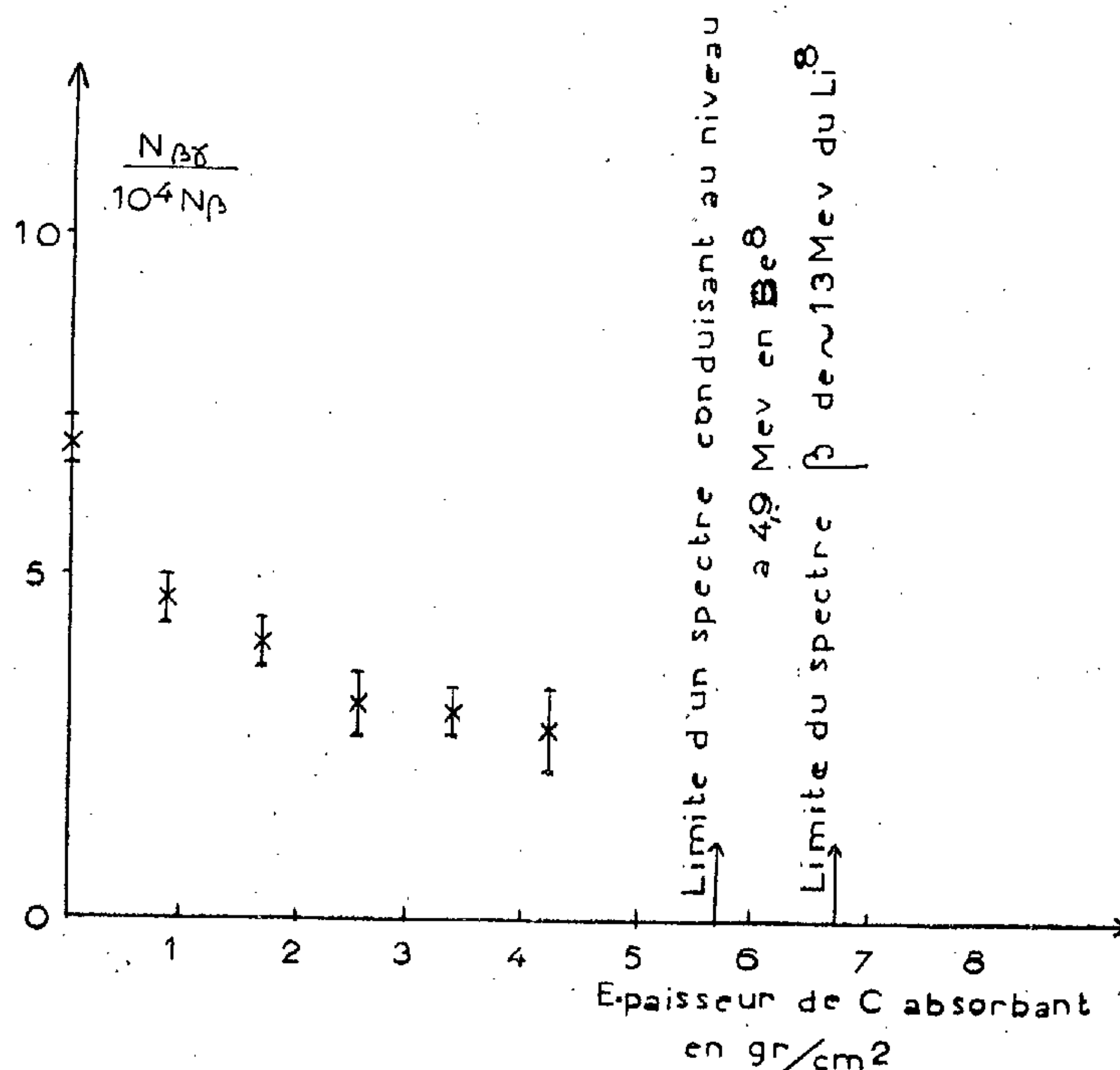
Des expériences, dont nous avons donné antérieurement le compte rendu ([1]), s'accordent avec l'existence, dans le schéma de désintégration β du bore 12, d'un embranchement de faible intensité conduisant à un état excité du carbone 12. Afin de préciser ces résultats, nous avons mesuré le rendement de nos compteurs de rayons γ pour des photons de différentes énergies. En conclusion, nous pouvons maintenant fixer à 4 ± 1 % le pourcentage des transitions β du bore 12 menant à l'état excité du carbone 12, qui, selon toute vraisemblance, s'identifie au niveau connu dans ce noyau à 4,5 MeV du fondamental. Désignant par f_1 et f_2 les valeurs de la fonction f (Z, W) relatives aux transitions β conduisant respectivement au fondamental et à l'état excité du carbone 12, par t_1 et t_2 leurs périodes spécifiques, nous calculons : $\log f_1 t_1 = 4,2$ et $\log f_2 t_2 = 4,8$. Nous pouvons en conclure que les deux transitions sont permises. Or le moment angulaire total de l'état fondamental du

([4]) Naves, *Helv. Chim. Acta*, **32**, 1949, p. 969.
([5]) Naves, *Bull. Soc. Chim.*, 1951, p. M. 243; *voir* aussi Note ([1]).

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1549.

carbone 12 est nul, et celui de l'état excité ne peut l'être, car sinon toute transition radiative entre ces deux niveaux serait rigoureusement interdite, contrairement à l'expérience. Le caractère permis des deux transitions β du bore 12 ne peut donc s'expliquer dans le cadre des règles de sélection de Fermi ($\Delta J = 0$); il est par contre en accord avec celles de Gamow et Teller ($\Delta J = \pm 1$ ou 0, sauf $0 \rightarrow 0$) si l'on suppose que le fondamental du bore 12 et le niveau excité du carbone 12 sont deux états pairs de moment angulaire total égal à 1.

Le montage utilisé pour les études sur le bore 12 précédemment décrites [1]



a servi à une recherche parallèle de coïncidences entre rayons β et γ dans le spectre de désintégration du lithium 8, dont la période radioactive est de 0,89 s [2]. Nous avons tout d'abord tracé la courbe d'absorption du rayonnement β du lithium 8, formé par le bombardement d'une cible épaisse de l'élément avec des deutons de 600 kV. Elle présente une limite à $6{,}8 \pm 0{,}4\,\mathrm{g:cm^2}$ de carbone. Sur la figure 1 est porté, en fonction de l'épaisseur de carbone absorbant, le rapport du nombre de coïncidences β — γ au nombre de rayons β simultanément comptés. Des coïncidences observées ont été déduites les fortuites et celles qui sont attribuables au rayonnement

---

[2] Lewis, Burcham et Chang, *Nature*, 139, 1937, p. 24; Rumbaugh, Roberts et Hafstad, *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 143; Bayley et Crane, *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 604; Hughes, Hall, Eggler et Goldfarb, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 646.

cosmique ou dues aux radioactivités à plus longue période formées au cours du bombardement. Ces activités sont environ deux fois plus intenses ici que dans le cas du bore 12, en conséquence du fond plus important de neutrons émis lors de la réaction parasite $Li^7(d, n)Be^8$.

Les coïncidences portées sur la figure comportent encore une part de coïncidences entre rayons β et photons de freinage; le nombre de ces dernières, évalué grâce à différents contrôles, est de 2 ± 1 pour 10^4 rayons β comptés. On voit qu'il subsiste finalement un faible effet attribuable à l'existence dans le spectre de rayons β du lithium 8 d'une composante conduisant à un niveau excité du beryllium 8 émetteur de rayons γ. Son intensité très faible ne permet de tirer des points expérimentaux aucune conclusion précise sur l'état final de la transition. En admettant qu'il s'agisse du niveau excité à 4,9 MeV ([3]), seul niveau émetteur de rayons γ qui soit connu dans le beryllium 8 jusqu'à une énergie d'excitation de 17 MeV, l'importance relative de la composante s'établit à 2 ± 1 %. La transition β correspondante, caractérisée par une valeur de $\log ft$ égale à 7, est interdite.

Ce faible pourcentage de désintégrations accompagnées de rayons γ ne peut expliquer l'excès de particules β d'énergie inférieure à 13 mc^2 que Hornyak et Lauritsen ([4]) ont observé par rapport aux prévisions théoriques. Il s'agit vraisemblablement là, comme le proposent ces auteurs, de spectres partiels menant à des états excités élevés du beryllium 8, émetteurs de particules α.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'utilisation des intervalles lacunaires dans les émulsions nucléaires sensibles aux électrons.* Note (*) de M. **Michel Renardier** et Mlle **Yvette Avignon**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le simple comptage des lacunes suffit à différencier les particules. La mesure précise des longueurs lacunaires ne donne pratiquement pas une meilleure différenciation.

Nous avons précédemment indiqué ([1]) nos premiers résultats relatifs à l'application de la méthode des lacunes dans les émulsions sensibles au minimum d'ionisation. Dans ce travail les longueurs lacunaires étaient estimées par comparaison avec les divisions de l'échelle oculaire.

Afin d'obtenir des mesures plus précises, nous avons fait construire un micromètre oculaire de très grande précision sur le principe suivant : l'appareil comprend 3 fils d'araignée parallèles, dont l'un est mobile, les

([3]) Bennett et all., *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 904, et 71, 1947, p. 11.
([4]) *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 160.

(*) Séance du 2 juillet 1951.
([1]) Renardier, Moucharafieh et Morand, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 848.

deux autres sont fixes. Il peut pivoter librement dans le tube oculaire, permettant aux fils d'être perpendiculaires à la trace étudiée. Le déplacement du fil mobile commande la rotation d'un tambour gradué, mais l'entrainement n'a lieu que dans un seul sens, suivant un montage à roue libre.

On manœuvre la commande du fil mobile de façon à le faire avancer dans le sens où il n'entraîne pas le tambour. Lorsqu'il rencontre une lacune la mesure consiste à pointer d'abord sa seconde extrémité et à revenir ensuite en sens inverse pour pointer la première. Les chiffres lus sur le tambour donnent ainsi la longueur cherchée. Le grand avantage de cet appareil est qu'il permet d'intégrer la somme des longueurs lacunaires pour une longueur donnée de trajectoire, par exemple celle limitée par les deux fils fixes. La précision de l'appareil est considérable puisqu'au diamètre d'un grain correspond une trentaine de divisions.

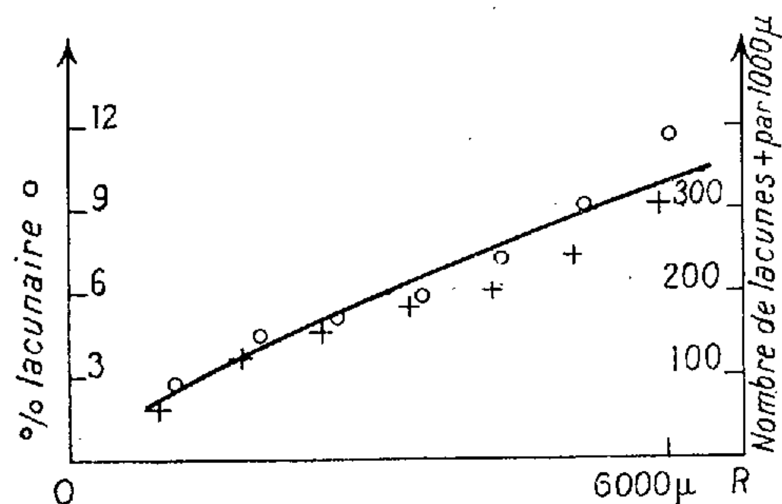


Fig. 1.

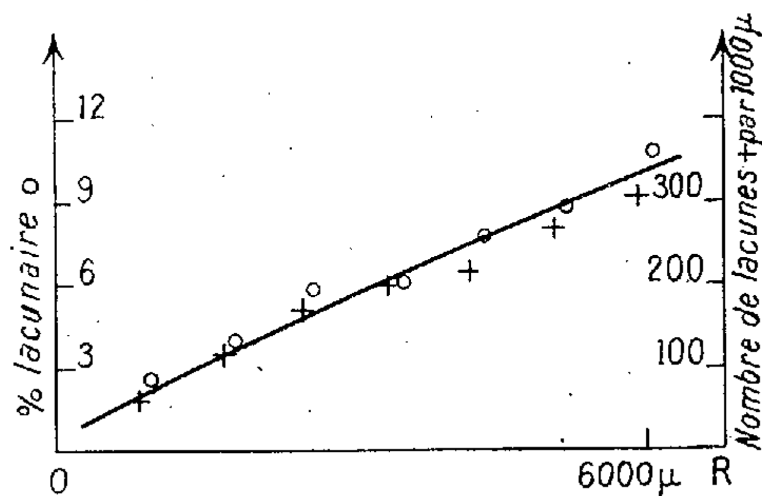


Fig. 2.

Les résultats obtenus ont été très fidèles pour un même observateur (4 à 5 %). Les limitations de la mesure tiennent à l'épaisseur du fil, qui n'est pas toujours négligeable devant la longueur d'une lacune, et à ce que pour le grossissement utilisé, le contour d'un grain n'est pas rigoureusement défini.

Sur chaque trace étudiée à l'aide de la méthode précédente, nous avons également opéré un simple comptage de lacunes, sans tenir compte de leur longueur, et la comparaison des résultats nous a montré que la différenciation était pratiquement aussi bonne dans ce cas, ainsi que l'indique la figure 1; la figure 2 a été obtenue en faisant la moyenne des résultats pour 5 traces de protons d'un parcours résiduel de 6 000 μ.

Ces résultats conduisent à la conclusion que le comptage, contrairement à ce que l'on pourrait penser, donne l'essentiel de ce que l'on peut attendre de l'utilisation des lacunes. Ceci s'explique par le fait que, dans la région d'utilisation de la méthode (jusqu'à 10000 μ de parcours résiduel dans les émulsions Ilford G 5 pour les protons et les particules α étudiées) la longueur moyenne des lacunes varie très lentement et peut en première approxi-

mation être considérée comme constante. Ce résultat peut surprendre parce qu'il semble en contradiction avec l'observation courante, mais nous avons observé que, si effectivement il apparaît des lacunes de plus en plus grandes à mesure qu'on s'éloigne de la fin de la trace, il s'en trouve davantage de toutes petites qui n'attirent pas l'attention quand on n'utilise pas la méthode, mais qui finalement donnent à peu près la même longueur moyenne.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Étude du sulfate de lithium monohydraté par la résonance magnétique nucléaire.* Note (*) de MM. **Michel Soutif**, **Bertrand Dreyfus** et **Yves Ayant**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a obtenu les signaux de résonance nucléaire de $Li_2SO_4H_2O$ en poudre et à l'état de monocristal. Des renseignements en sont tirés sur la distance des hydrogènes et leur orientation.

Les rayons X et l'effet Raman ont permis jusqu'ici de déterminer la structure du cristal monoclinique de sulfate de lithium monohydraté, à l'exception de la position des atomes d'hydrogène de la molécule d'eau ([1]); pour ceux-ci, on s'est borné à des hypothèses, plaçant par exemple les H en pont hydrogène entre l'atome d'oxygène de H_2O, et deux autres atomes O choisis de manière qu'on retrouve 105° pour HOH. Il était donc indiqué d'appliquer les méthodes de résonance magnétique nucléaire à ce problème, d'autant plus que les différentes molécules d'eau sont relativement éloignées les unes des autres, ainsi que du seul noyau doué de spin, en dehors du proton, intervenant dans ce corps (Li); il est à préjuger qu'elles sont largement indépendantes.

Ainsi, on a une bonne approximation en ne tenant compte que des interactions HH (c'est-à-dire entre protons de la même molécule d'eau, par opposition à HH').

De plus, cette situation laisse prévoir l'existence d'une structure fine du spectre d'absorption nucléaire. La symétrie de ce cristal offre une particularité intéressante lorsque son axe binaire est parallèle ou perpendiculaire au champ magnétique H_0 directeur; on observe deux composantes seulement.

1. *Étude du corps à l'état polycristallin.* — Nous avons calculé à partir des signaux obtenus, le second moment ΔH_2^2 de la courbe d'absorption de $Li_2SO_4H_2O$ en poudre, lequel dépend essentiellement de la distance r entre les deux noyaux H de H_2O, selon la relation

$$\Delta H_2^2 = \frac{9}{20}\frac{\gamma^2 \hbar^2}{r^6} = \frac{348}{r^6} \qquad (r \text{ en angströms}).$$

(*) Séance du 2 juillet 1951.

([1]) *Strukturberiehte*, 3, 1933-1935, p. 98-100.

Nos déterminations sont centrées sur 1,52 Å. Ces valeurs sont assez incertaines, car la poudre fournit des signaux larges et sans structure fine, et l'on est gêné par le coefficient de remplissage nécessairement bas. L'erreur ne dépasse cependant pas 5 % et l'on a une indication précise du fait que H_2O est peu déformée.

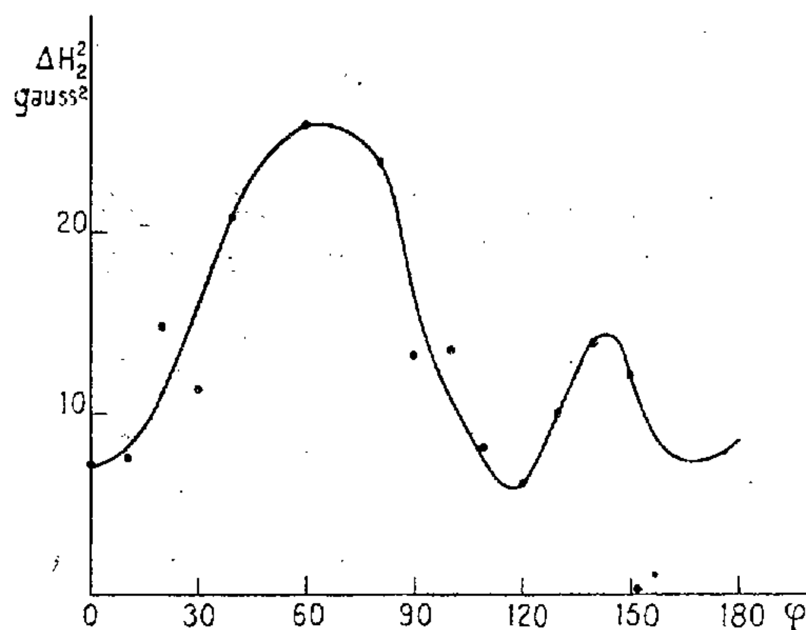


Fig. 1.

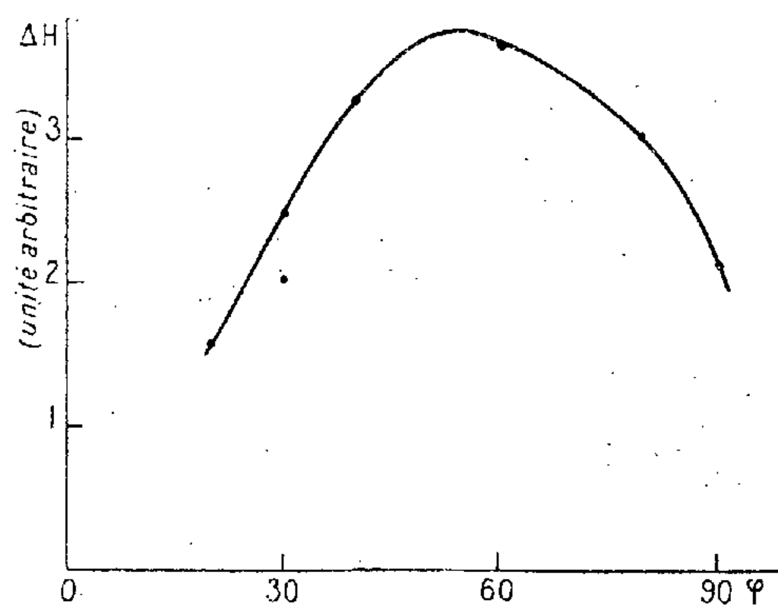


Fig. 2.

2. *Étude du corps à l'état de monocristal.* — On opère sur un cristal [2] taillé en forme de cylindre de révolution. Les génératrices ont la direction de l'axe binaire; l'une d'entre elles a été repérée par rapport à la maille cristalline, par mesures optiques, par Mme Vassas.

Le cristal est placé coaxialement dans la bobine H. F., son axe binaire étant ainsi perpendiculaire à $\vec{H}_0$. On peut faire tourner le cristal autour de son axe binaire et nous avons étudié les signaux de 10 en 10°. Nous avons pu constater une forte anisotropie de la largeur de raie, ainsi que la présence d'une structure fine à deux composantes. L'étude a été faite tant sur la variation du deuxième moment que sur celle de l'écartement $2\Delta H$ des composantes (figures). Cette dernière fournit les résultats les plus sûrs parce que plus précise et ne dépendant que de (HH).

On montre que

$$\Delta H = \frac{3}{4}\frac{\gamma h}{r^3}(3\cos^2\theta - 1) = \frac{20,85}{r^3}(3\cos^2\theta - 1),$$

θ = angle de HH avec $\vec{H}_0$.

Si α désigne l'angle de HH avec l'axe binaire et φ l'azimut du cristal, à un déphasage près

$$\Delta H = \frac{20,85}{r^3}(3\sin^2\alpha\sin^2\varphi - 1).$$

(2) Ce cristal nous a été obligeamment fourni par le professeur J. Chapelle, que nous remercions de nous avoir suggéré cette recherche.

La comparaison des courbes théoriques et expérimentales montre deux possibilités d'accord correspondant à :

$$(\mathrm{I})\begin{cases}\alpha_1 = 46^\circ(\pm 2),\\ r_1 = 1,57 \pm 0,02;\end{cases} \qquad (\mathrm{II})\begin{cases}\alpha_2 = 75^\circ(\pm 2);\\ r_2 = 1,93 \pm 0,02;\end{cases}$$

(II) est incompatible avec la valeur de r réduite de la poudre (§ 1). Cette valeur de α_1 est également compatible avec la variation de ΔH_2^2, notamment avec le fait qu'il présente deux maxima inégaux, sensiblement à 90°.

D'autre part la position des maxima par rapport au repère marqué sur le cristal permet la détermination de l'azimut de HH. Des deux possibilités pour cet azimut il semblerait qu'une seule doive être retenue, celle où le plan contenant l'axe binaire et la direction HH soit sensiblement normal à l'axe $\overline{Oa}$ du cristal. La précision en azimut est moins bonne que pour α (une dizaine de degrés).

On peut conclure de cette discussion que les atomes de H sont situés sur une droite définie par les valeurs de α, $\alpha_1 = 46^\circ \pm 2$ et que leur distance mutuelle est $r = 1,57 \pm 0,02$ Å. Un travail ultérieur de Mme Vassas montra que ces indications sont en accord avec les conclusions qu'elle a tirées de ces mesures optiques (effet Raman).

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Sur l'étude des raies de faible intensité en résonance nucléaire.* Note (*) de M. **Pierre Grivet**, présentée par M. Jean Cabannes.

On étudie les moyens de réduire au maximum la perturbation apportée par le bruit de fond dans la mesure des trois paramètres caractérisant les raies de résonance nucléaire. On calcule théoriquement le spectre de Fourier du signal électrique qui les représente et l'on montre que la connaissance d'une seule des composantes et de sa variation en fonction de l'amplitude du balayage donne des renseignements précis sur la forme des raies.

En résonance nucléaire, lorsque la raie est de faible intensité, cas assez général, il est plus difficile de mesurer la largeur de la raie que sa position et encore plus délicat de déceler sa forme; car la précision des expériences est sévèrement limitée par le bruit de fond des amplificateurs.

Cette perturbation est ici proportionnelle à $B^{1/2}$ (B étant la largeur de la bande de fréquence admise par les amplificateurs), car la chaîne d'amplification est linéaire d'un bout à l'autre, les détections étant du type « hétérodyne » ou « synchrone ». Cette forme de loi montre qu'on a un intérêt très net à réduire B au maximum.

La raie étant balayée cinquante fois par seconde, le spectre du signal qui la représente est un spectre discontinu de composantes a_0, a_1, a_2, a_n aux pulsations 0, 300, 600, etc. Un moyen efficace pour réduire le bruit de fond consis-

(*) Séance du 23 juillet 1951.

tera à filtrer ces composantes utiles par un ensemble de filtres très sélectifs, mais le dispositif ne sera commode que si l'on peut se contenter d'un petit nombre de composantes. Cet espoir paraît assez légitime si l'on remarque que, d'une part, on ne cherche pas une identification rigoureuse de la raie, mais seulement quelques indices moyens et que, d'autre part, on dispose d'un paramètre, la largeur du balayage, que l'on peut ajuster à volonté pour réduire l'importance des composantes d'ordre élevé.

J'ai cherché à préciser théoriquement les conditions auxquelles doit satisfaire la construction d'un appareil de ce genre. On dispose en effet d'expressions analytiques assez simples ([1]) pour représenter les deux formes de raies observées jusqu'à présent, celle de Bloch-Lorentz et celle de Gauss. Les cas où l'on rencontre un mélange non résolu de composantes de l'un où l'autre type échappent évidemment à l'analyse suivante.

Le balayage de fréquence sera défini par $\delta\omega = \Delta\omega \sin\Omega t$, Ω étant la pulsation du balayage (en général $\Omega = 300$), $\Delta\omega$ son amplitude, que nous rapporterons à T_2, en écrivant $\mu = \Delta\omega . T_2$.

1. *Raie de la forme Bloch-Lorentz.* — Les deux fonctions u (dispersion) et v (absorption) ([2]) peuvent être groupées en une seule fonction complexe $f = v + ju$, dont l'équation différentielle se réduit à : $(1 + j\mu \sin\Omega t) f = 1$, en négligeant un terme $T_2 f'$. Pour trouver le spectre de f, nous portons dans cette équation un développement trigonométrique à coefficients indéterminés et nous trouvons un système de deux relations de récurrence à coefficients constants, que l'on résout par une méthode classique ([3]). On trouve tous calculs faits :

$$v = \frac{1-s}{1+s}[1 + 2\{s \cos 2\Omega t + s^2 \cos 4\Omega t + \ldots + s^{2m} \cos 2m\Omega t\}]$$

$$u = 2\frac{s-1}{s+1}\sqrt{s}[\sin\Omega t + s \sin 3\Omega t + \ldots + s^m \sin(2m+1)\Omega t, \qquad u = 2\frac{\sqrt{s}}{(1-s)}.$$

Lorsque $T_2 f'$ est une petite perturbation du premier ordre, caractérisée par le paramètre $T_2\Omega = \varepsilon$, le diagramme donnant u et v en fonction du temps, ne présente plus la symétrie ou l'antisymétrie caractéristique du cas adiabatique *à l'intérieur d'une demi-période*; il ne subsiste plus que les symétries générales

$$v\left[t + \left(\frac{\pi}{\Omega}\right)\right] = v(t) \qquad \text{et} \qquad u\left[t + \left(\frac{\pi}{\Omega}\right)\right] = -u(t).$$

Les termes de perturbation sont de la forme $c_{2m} \sin 2m\Omega t$ en absorption et $d_{2m+1} \cos(2m+1)\Omega t$ en dispersion avec

$$c_{2m} = a_{2m}\left[\left(\frac{1}{s}\right) + 2m\right], \qquad d_{2m+1} = -2m\varepsilon b_{2m+1},$$

a_{2m} et b_{2m+1} désignant les termes principaux du cas adiabatique.

([1]) G. E. PAKE et E. M. PURCELL, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1184-1188.

([2]) M. SOUTIF, *Le Journal de Physique et le Radium*, 10, n° 11, 8e série, 1949.

([3]) JORDAN, *Calculus of finites differences*, p. 543 et suiv., Chelsea, New-York.

2. *Forme de Gauss.* — Les courbes caractéristiques de u et de v sont alors définies par deux équations différentielles distinctes sans interprétation physique, données dans la référence ([1]). La méthode des coefficients indéterminés mène encore au résultat; l'équation aux différences des coefficients n'est plus linéaire, mais on peut la reconnaître comme caractéristique des fonctions de Bessel d'argument purement imaginaire d'ordre entier pour l'absorption, d'ordre demi-entier pour la dispersion. On obtient finalement :

$$v = e^{-\left(\frac{\mu_2}{2\pi}\right)} \left\{ I_0\left(\frac{\mu^2}{2\pi}\right) + 2\left[I_1\left(\frac{\mu^2}{2\pi}\right)\cos 2\Omega t + \ldots + I_m\left(\frac{\mu^2}{2\pi}\right)\cos 2m\Omega t \right] \right\},$$

$$u = \frac{2\sqrt{\pi}}{\operatorname{ch}\frac{\mu^2}{2\pi}} \left[I_{\frac{1}{2}}\left(\frac{\mu^2}{2\pi}\right)\sin\Omega t + \ldots + I_{\frac{2m+1}{2}}\left(\frac{\mu^2}{2\pi}\right)\sin(2m+1)\Omega t + \ldots \right].$$

3. Les développements sont tous rapidement convergents, tant que l'amplitude du balayage n'est pas trop grande, mais sont nettement différenciés pour les deux formes de raies, la forme de Gauss ayant le spectre le plus limité (par exemple en absorption pour $\mu = 2{,}8$, $t = 0{,}5$; le septième terme seulement est inférieur à 0,01 pour la forme de Lorentz tandis que pour la forme de Gauss le quatrième l'est déjà). Il semble donc toujours possible de construire un filtre assez simple isolant les composantes significatives. Mais le calcul suggère une méthode encore plus simple : la courbe donnant l'amplitude de la première composante en fonction de l'amplitude du balayage revêt deux formes nettement différenciables suivant le genre de la raie et présente un maximum aigu que l'on peut déterminer avec précision par un diamètre rectiligne. On en tire T_2 avec précision par l'une des deux formules $\Delta\Omega_{max} T_2 = 2{,}22$ (Bloch-Lorentz) et $\Delta\Omega_{max} T_2 = 3{,}12$ (Gauss).

Le centrage de la raie peut être repéré par l'annulation de la composante à pulsation Ω comme il a déjà été remarqué ([4]).

OPTIQUE. — *Emploi de la cellule à multiplicateurs d'électrons pour la mesure des pouvoirs réflecteurs des minéraux en sections polies.* Note de M. **Albert Siat**, transmise par M. Charles Mauguin.

Nous avons fait des mesures de dispersion de pouvoir réflecteur en utilisant un photomultiplicateur d'électrons. J. Orcel ([1]) et L. Capdecomme ([2]) emploient une cellule photoémissive suivie d'un amplificateur, ce qui leur permet de se servir d'un monochromateur, contrairement à d'autres auteurs

([4]) R. V. Pound et W. D. Knight, *Rev. of Scient. Intsr.*, 21, 1950, p. 223.

([1]) *Bull. Soc. franç. Minér.*, 53, 1930, p. 301-349.

([2]) *Bull. Soc. franç. Minér.*, 61, 1938, p. 5-118.

qui doivent employer des filtres colorés, étant donné la faible sensibilité de leur dispositif ([3]).

L'emploi du photomultiplicateur d'électrons permet de réaliser un dispositif de mesure très sensible et relativement simple.

La partie optique du montage ainsi que la méthode de mesure sont celles d'Orcel. Ne disposant pas d'un oculaire photoélectrique du type Orcel, nous utilisons le dispositif de Ramdohr-Ehrenberg, plus facile à construire. Le champ de l'appareil est limité par le diaphragme d'entrée de l'illuminateur.

La cellule à multiplicateurs d'électrons se trouvant dans une boîte à l'abri de la lumière, est disposée à une distance convenable de l'oculaire, sa partie sensible étant placée dans l'axe du microscope. La boîte de protection est montée sur une glissière pouvant se déplacer latéralement et permettant de substituer au phototube une glace transparente sur laquelle on pourra observer l'image donnée par le microscope. La mise au point se fait au moyen d'une loupe.

Nous utilisons un multiplicateur d'électrons R. C. A. type 931 A. avec des différences de potentiel de 70 à 90 V par étage, ce qui nous conduit à disposer d'une haute tension continue d'environ 1000 V. Celle-ci est fournie par une alimentation stabilisée du type F. V. Hunt et R. W. Hickman ([4]) connectée au réseau par l'intermédiaire d'un régulateur de tension magnétique.

Les mesures se font à l'aide d'un galvanomètre, sensible à 10^{-9} A, muni de shunts convenables. Pour rester dans les meilleures conditions d'incidence normale, nous utilisons un objectif de faible grossissement, objectif P 1 *b* Leitz 5,6 ×, associé à un oculaire Huygens 5 ×. La fente du monochromateur est éclairée par une lampe à filament condensé, 6 V, 5 A seulement. Celle-ci est alimentée par un accumulateur de 6 V, 75 A : h, lui-même branché en tampon sur un chargeur d'accumulateur débitant 4,5 A.

La plage éclairée a un diamètre qui n'excède pas 0,9 mm, ce qui met en évidence la sensibilité du dispositif. Les mesures sont faites pour les azimuts 0 et $\pi/2$ du polarisateur. On prend leur moyenne et on la compare à celle de l'étalon.

Les résultats suivants ont été obtenus avec ce dispositif.

([3]) H. Schneiderhohn et P. Ramdohr, *Lehrbuch des Erzmikroskopie*, 1, 1934, p. 168-179.

([4]) *Rev. Sc. Instr.*, 10, 1939, p. 7.

Cuprite. — Section quelconque à travers un octaèdre de cuprite provenant de Chessy.

λ(μμ).	R. Cuprite (Siat).	R. Blende (Orcel).	$\frac{\text{R. Cuprite}}{\text{R. Blende}}$.
450........	0,304	0,178	1,713
475........	0,298	0,174	1,711
500........	0,280	0,171	1,634
530........	0,266	0,169	1,579
590........	0,252	0,165	1,528
650........	0,234	0,162	1,449

Arsenic. — Agrégat provenant de la Mine « Gabe Go tes » de Sainte-Marie-aux-Mines.

λ(μμ).	R. Arsenic (Siat).	R. Galène (Orcel).	$\frac{\text{R. Arsenic}}{\text{R. Galène}}$.
430........	0,537	0,529	1,016
490........	0,505	0,476	1,062
530........	0,501	0,457	1,098
590........	0,475	0,444	1,071
650........	0,456	0,443	1,031

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Propriétés optiques des champs magnétiques de révolution de la forme* $H = H_0/[1-(z/a^2)]$ *et* $H = H_0/[(z/a)^2 - 1]$ *sur l'axe optique.* Note de M. **Peter Sturrock**, présentée par M. Louis de Broglie.

On étend la représentation de Glaser à de nouveaux types de lentilles par la transformation simple $a^* = ja$; les deux nouveaux modèles obtenus peuvent servir à représenter le spectographe β de Siegbahn et Slätis et l'objectif de microscope.

Les calculs de Glaser [1] sur les propriétés optiques des champs magnétiques définis par la loi $H = H_0/[1+(z/a^*)^2]$ sur l'axe de révolution sont bien connus. Jusqu'à présent, il semble qu'on n'ait pas remarqué que les raisonnements développés en cette occasion restent valables pour des valeurs imaginaires de a^*, car les formules qui entrent en jeu sont toutes *analytiques*. Si nous posons $a^* = ja$, H devient infini dans les plans $z = \pm a$. Nous examinerons donc séparément les cas $|z| < a$ et $|z| > a$.

1° $|z| < a$; si nous remplaçons les symboles de Glaser : y, a, k et ω, par $(\pi/2)+j\varphi$, ja, jk et $j\omega$, nous trouvons pour l'expression générale des rayons paraxiaux :

$$y = (\operatorname{sech}\varphi)(C_1 \sin\omega\varphi + C_2\cos\omega\varphi) \quad z = a\,\operatorname{th}\varphi \tag{1}$$

C_1 et C_2 étant deux constantes arbitraires et ω étant défini par $\omega = \sqrt{k^2-1}$, $k = aH_0/2p$, p étant la quantité de mouvement des électrons, relativiste ou

(1) W. Glaser, *Zeits. Phys.*, 117, 1941, p. 285.

newtonienne, nous laissons de côté le cas ou $|K|<1$, qui paraît peu intéressant.

Nous supposerons, par raison de simplicité et parce qu'il en va toujours ainsi dans les expériences, qu'il n'y a pas d'images multiples, mais seulement une image normale unique.

La relation entre les paramètres φ de l'objet et de son image est alors $\varphi_i - \varphi_0 = (\pi/\omega)$, et comme objets et images ne sont jamais virtuels, les éléments cardinaux sont donnés par

$$(2)\qquad -z_{f_0} = z_{f_i} = a \coth\frac{\pi}{\omega}, \qquad -f_0 = f_i = a \operatorname{cosech}\frac{\pi}{\omega},$$

$$(3)\qquad -z_{H_0} = z_{H_i} = a \coth\frac{\pi}{2\omega}.$$

Fait remarquable, *les plans principaux ne sont pas croisés* et se trouvent à l'extérieur de la lentille ($|z|<a$). La rotation de l'image est donnée par $\varphi = \pi k/\omega$. L'aberration chromatique ramenée au plan objet est donnée par

$$(4)\qquad C_F = a\frac{\pi k^2}{2\omega^3}\operatorname{sech}^2\varphi_0, \qquad \delta_F = \alpha\frac{\Delta U}{U}C_F.$$

L'aberration sphérique ramenée au plan objet est donnée par

$$(5)\qquad \delta_S = \alpha^3 C_S, \qquad C_S = a\left[\frac{\pi k^2}{4\omega^3} + \frac{1}{8}\,\frac{4k^2+3}{4k^2-3}(\operatorname{sh}2\varphi_1 - \operatorname{sh}2\varphi_0)\right]\operatorname{sech}^4\varphi_0.$$

Le cas où ω est petit et où $z_0 = -z_i$ est intéressant parce qu'il est réalisé dans le spectrographe β de Siegbahn-Slätis ([2]). Alors les formules précédentes se réduisent à

$$(6)\qquad \begin{cases} -z_0 = z_i = a\left[1 - 2e^{-\frac{\pi}{\omega}}\right], & -f_0 = f_i = 2ae^{-\frac{\pi}{\omega}}; \\ C_F = a\dfrac{2\pi}{\omega^3}e^{-\frac{\pi}{\omega}}, & C_S = 14ae^{-\frac{\pi}{\omega}} \end{cases}$$

et à la limite

$$(7)\qquad \frac{C_F}{f_i} = \frac{\pi}{\omega^3}, \qquad \frac{C_S}{f_i} = 7$$

et le rapport C_F/C_S qui caractérise le pouvoir séparateur du spectrographe d'après Grivet ([3]) peut être rendu très grand.

2° $|z|>a$. Les symboles de Glaser, φ, a, H_0, k et ω, doivent être remplacés par $j\varphi$, ja, $-H_0$, $-jk$ et $-j\omega$ et l'expression des rayons paraxiaux s'écrit

$$(8)\qquad y = \operatorname{cosech}\varphi[C_1\sin\omega\varphi + C_2\cos\omega\varphi], \qquad z = a\coth\varphi,$$

([2]) H. Slatis et K. Siegbahn, *Ark. Fys.*, **1**, 1940, p. 339.

([3]) P. Grivet, *Journ. de Phys. et le Radium*, **11**, 1950, p. 582; **12**, 1951, p. 1.

les équations définissant ω et K restent inchangées et la relation définissant l'image devient $\varphi_0 - \varphi_i = \pi/\omega$, d'où l'on déduit les éléments cardinaux

(9) $$z_{f_0} = -z_{f_i} = a \coth\frac{\pi}{\omega}, \qquad f_0 = -f_i = a \operatorname{cosech}\frac{\pi}{\omega},$$

(10) $$z_{H_0} = -z_{H_i} = a \coth\frac{\pi}{2\omega}.$$

L'équation de la rotation subsiste inchangée, les aberrations chromatiques et sphériques sont données par

(11) $$C_F = a\frac{\pi k^2}{2\omega^3}\operatorname{cosech}^2\varphi_0.$$

(12) $$C_S = a\left[-\frac{\pi k^2}{4\omega^3} + \frac{1}{8}\frac{4k^2+3}{4k^2-3}(\operatorname{sh}2\varphi_0 - \operatorname{sh}2\varphi_i)\right]\operatorname{cosech}^4\varphi_0.$$

Si nous supposons que ω est petit et que $\varphi_i = 0$, ce qui envoie l'image à l'infini comme dans un objectif de microscope, on a

(13) $$\begin{cases} z_0 = a\left(1 + 2e^{-\frac{2\pi}{\omega}}\right), & f_0 = -f_i = 2ae^{-\frac{\pi}{\omega}}, \\ C_F = a\frac{2\pi}{\omega^3}e^{-\frac{2\pi}{\omega}}, & C_S = 7ae^{-\frac{2\pi}{\omega}}, \end{cases}$$

et à la limite $C_F/f_0 = (\pi/\omega^3)\exp(-\pi/\omega)$; $C_S/f_0 = (7/2)\exp(-\pi/\omega)$, de sorte que chacun de ces rapports peut être rendu très petit.

CHIMIE THÉORIQUE. — *La réactivité chimique et le moment dipolaire du nitrobenzène*. Note (*) de M. **José-Ignacio Fernández Alonso**, présentée par M. Louis de Broglie.

Par la méthde combinée de l'effet de charge et des orbitales moléculaires on évalue à 5,02 D le moment dipolaire du nitrobenzène (valeur expérimentale : 4,22 D). Sur les niveaux excités il faut s'attendre à la formation de dérivés ortho et para substitués lors de réactions électrophiles.

Nous avons traité le nitrobenzène par la méthode combinée de l'effet de charge [1] [2] et des orbitales moléculaires.

Dans la première itération nous avons pris pour les intégrales coulombiennes $\alpha O = 1\beta$, $\alpha_N = 0,5\beta$ et $\alpha_C = 0,05\beta$ pour le carbone auquel le groupe nitro est lié. Ces valeurs sont fournies par les différences entre les électronégativités respectives si l'on tient compte de la correction due à la polarisation des électrons σ; nous avons posé ici toutes les intégrales de résonance β égales.

(*) Séance du 2 juillet 1951.

(1) P. et R. Daudel, *J. Phys.*, 7, 1946, p. 12.

(2) A. Laforgue, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 568.

Dans la seconde itéraction nous avons modifié les α conformément à la méthode de l'effet de charge et les β à l'aide de deux courbes qui relient entre eux les ordres de liaison et les β (3) (4). Nous avons admis que cette relation est la même pour les liaisons C—C, C—N et N—O.

Les figures 1 et 2 donnent les diagrammes moléculaires qui résultent respectivement de la première et de la seconde itération.

Du premier on calcule un moment dipolaire égal à 6,27 D du second 5,02D, la valeur expérimentale étant égale à 4,22 D (5).

Les interactions lointaines et l'interaction configurationnelle dont nous n'avons pas tenu compte pourraient naturellement sensiblement modifier la valeur théorique obtenue (6) (7).

En ce qui concerne les niveaux excités, nous en avons trois dans cette

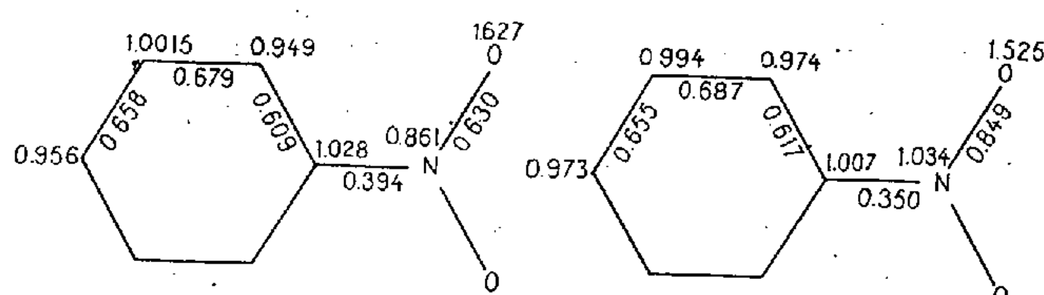
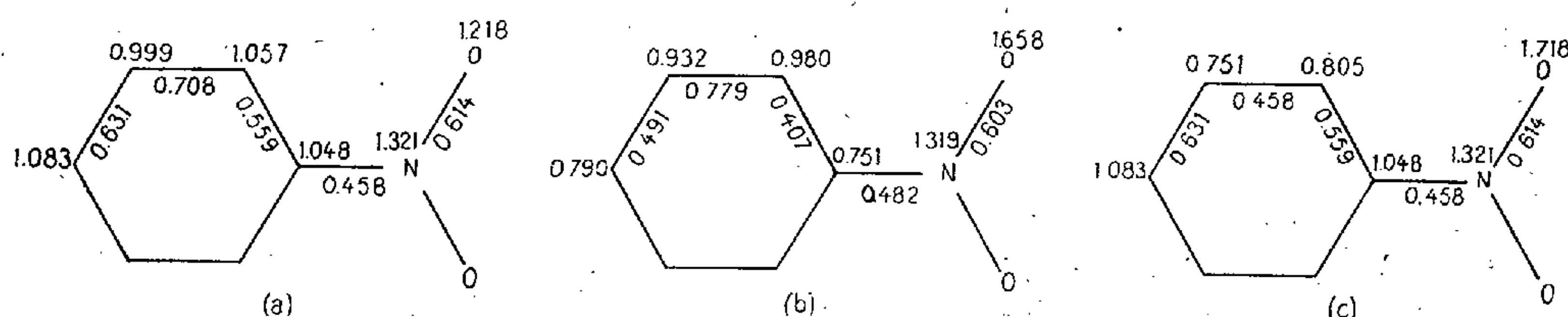


Fig. 1. Fig. 2.



(a) (b) (c)

Fig. 3.

approximation qui seront probablement excités en même temps si l'on expose le nitro-benzène à un rayonnement de longueurs d'onde à la limite du visible et de l'ultraviolet.

Voici les diagrammes moléculaires des niveaux excités (*fig.* 3*a*, *b* et *c*).

Nous voyons que la répartition des charges varie beaucoup d'un niveau à l'autre. Mais dans chacun d'eux, la position méta cesse d'être l'endroit le plus négatif, et c'est tantôt le carbone en ortho, tantôt celui en para qui recueille le plus d'électrons.

---

(3) R. Daudel, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 15, 1948, p. 343.

(4) R. S. Mulliken, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 497.

(5) Y. K. Syrkin et M. E. Dyatkina, *Structure of Molecules and the Chemical Bond.*, London, 1950, Table 96, p. 219.

(6) J. I. Fernandez-Alonso, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 56.

(7) C. Sandorfy, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2449.

Il faut donc s'attendre à ce que sous l'influence de l'absorption de la lumière, contrairement à ce qui se produit pour le niveau fondamental, les réactions électrophiles conduisent à des corps substitués en ortho ou en para et non pas exclusivement en méta.

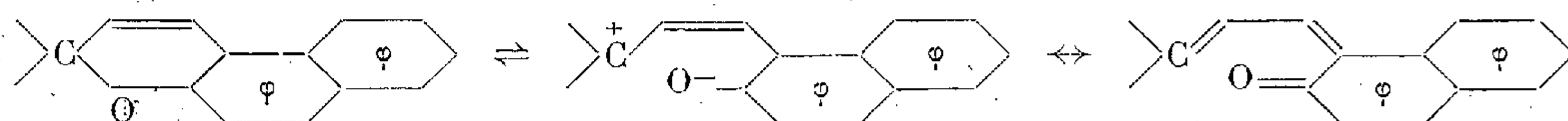
CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrophotométrique de quelques pyrylospiranes thermochromes.* Note de Mlle **Odile Chaudé** et M. **Paul Rumpf**, présentée par M. Jean Cabannes.

Étude de l'équilibre entre la forme incolore et la forme colorée pour divers pyrylospiranes thermochromes. Détermination du degré d'isomérisation en forme colorée, à plusieurs températures, et des chaleurs de transformation.

Nous avons étudié avec un spectrophotomètre Beckman, à diverses températures, les spectres d'absorption d'un certain nombre de *pyrylospiranes*.

L'apparition progressive et réversible d'une bande dans le visible laisse supposer qu'il existe, pour chaque pyrylospirane thermochrome, un état d'équilibre entre deux formes A et B, fonction de la température.

Dilthey et Wizinger (1) ont proposé une formule ionique pour la forme B colorée, alors que d'autres auteurs (2) ont envisagé un schéma de valence quinonique :

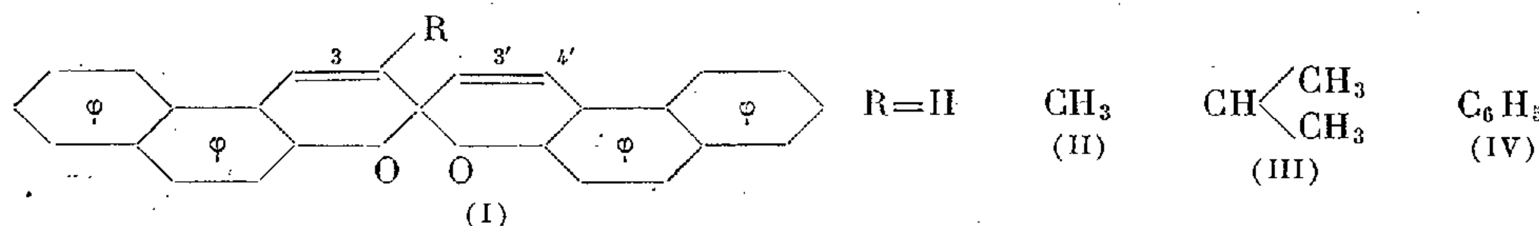


Soient ε_T, le coefficient d'extinction maximum de la bande à une température absolue T, et ε_∞, le coefficient à une température suffisamment élevée pour que la transformation en forme colorée puisse être considérée comme totale; nous désignerons par α le degré de transformation $\varepsilon_T/\varepsilon_\infty$ à une température donnée. Si K est la constante d'équilibre, on peut poser, pour des températures pas trop élevées :

$$K = \frac{\alpha}{1-\alpha} \# \alpha = \text{const. exp}\left(-\frac{Q}{RT}\right).$$

Nous avons effectivement trouvé des droites pour $\log \varepsilon_T$ en fonction de $1/T$. Les pentes de ces droites donnent les chaleurs de transformation.

Nous avons effectué les mesures pour une série de bis β-naphtopyrylospiranes, substitués en position 3 sur le noyau pyrannique :



(1) R. Wizinger et H. Wennig, *Helv. Chim. Acta.*, 23, n° 2, 1940, p. 247 à 271.
(2) A. A. Huckins et R. J. W. Le Fèvre, *J. Chem. Soc.*, London, 1949, p. 2088 à 2091.

ainsi que pour le cyclodiméthylène-3.3′ bis β-naphtopyrylospirane (V).

Nous avons également déterminé, à partir de ces droites, les chaleurs de transformation et les pourcentages de forme colorée pour le benzo β naphto-bis pyrylospirane (VI) et le triméthyl-1.3.3 indolino β-naphtopyrylospirane (VII). Nous avons aussi étudié le N-méthylquinoléino β-naphtopyrylospirane (VIII), fortement coloré dès la température ordinaire, et pour lequel une élévation de température provoque seulement une diminution d'absorption au centre de la bande.

Composé.	Solvant.	Chaleur de transformation (kcal).	ε_{∞}.	α_{20°.	α_{80°.	α_{120°.
I....	Alcool benzylique	3,1	42 000 (λ = 600 mμ)	$4,0.10^{-3}$	$1,0.10^{-2}$	$1,6,10^{-2}$
	Xylène	5,9	120 000 (λ = 540 mμ)	$5,5.10^{-5}$	$3,0.10^{-4}$	$8,3.10^{-4}$
	Décaline	6,9	120 000 (λ = 535 mμ)	$2,5.10^{-5}$	$1,8.10^{-4}$	$4,5.10^{-4}$
II....	Alcool benzylique	4,1	42 000 (λ = 600 mμ)	$8,5.10^{-4}$	$2,8.10^{-3}$	$4,8.10^{-3}$
III....	»	4,3	42 000 (λ = 600 mμ)	$6,0.10^{-4}$	$2,0.10^{-3}$	$3,8.10^{-3}$
IV....	»	5,7	42 000 (λ = 600 mμ)	$6,7.10^{-5}$	$4,3.10^{-4}$	$7,7.10^{-4}$
V....	»	5,9	43 000 (λ = 610 mμ)	$5,8.10^{-5}$	$4,0.10^{-4}$	$7,3.10^{-4}$
VI....	»	4,6	32 000 (λ = 570 mμ)	$3,9.10^{-4}$	$1,5.10^{-3}$	$2,8.10^{-3}$
VII....	Alcool benzylique	1,8	350 000 (λ = 575 mμ)	3.10^{-2}	5.10^{-2}	7.10^{-2}
	Décaline	6,6	100 000 (λ = 525 mμ)	$1,2.10^{-5}$	$7,6.10^{-5}$	$2,0.10^{-4}$
VIII....	Xylène	–	45 000 (λ = 600 mμ)	1	1	1

Le faible pourcentage de forme colorée trouvé par le calcul, dans les solvants non polaires, pour des températures inférieures à 100°, montre que les déterminations de moment électrique effectuées par Huckins et Le Fèvre [2] sur les composés (I) et (VI) ne pouvaient donner aucun renseignement relatif à la structure de la forme colorée, compte tenu de la précision que l'on peut attendre de ce genre de mesures.

Nos résultats permettent en outre d'interpréter l'action des solvants et des substituants sur l'absorption de ces composés. Ils sont en accord avec les faits d'ordres divers mis en évidence par R. Wizinger [1], E. D. Bergmann [3],

---

[3] E. D. BERGMANN, A. WEIZMANN et E. FISCHER, *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 5009 à 5012.

A. Schœnberg ([4]), et permettent de penser que les schémas de valence bipolaires interviennent avec un poids important dans la mésomérie de la forme ouverte.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les modifications de certaines formes polymorphes de la cellulose à haute température*. Note (*) de M. **Charles Legrand**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Action de l'élévation de température (250°) dans différents milieux liquides (glycérol, eau sous pression, diphényle-tétraline, naphtalène monochloré) sur les réseaux II, III_α et III_β de la cellulose.

Mise en évidence et propriétés de la cellulose IV. Retour à la cellulose I. De faibles différences de polarité du milieu liquide conditionnent l'évolution vers les réseaux I ou IV.

K. H. Meyer et P. Badenhuizen ([1]) ont les premiers annoncé le retour à la cellulose native par chauffage de la cellulose mercerisée dans le glycérol au-dessus de 200° C. Au contraire, Hutino et Sakurada ([2]) d'une part, Hess et Kiessig ([3]) d'autre part, ont observé l'apparition par le même traitement d'une forme « cellulose haute température » dénommée cellulose IV.

Nous avons repris ces recherches en utilisant une méthode de focalisation en rayonnement strictement monochromatique ([4]) qui fournit des clichés de rayons X autorisant des conclusions plus précises.

Nous avons soumis à l'expérience les réseaux I (natif), II (mercerisé), III_α et III_β ([5]) (régénérés de l'NH_3 cellulose) et nous avons fait varier la polarité des milieux liquides en nous adressant au glycérol, à l'eau sous pression, au naphtalène monochloré α, à la tétraline et au diphényle. Certains de ces traitements ont été effectués en atmosphère d'azote pour éliminer tout phénomène d'oxydation.

La cellulose native ne manifeste apparemment aucun changement par chauffage dans le glycérol. Seule l'étude précise des intensités des interférences de Bragg et des bandes de diffusion pourrait renseigner sur de petites variations de position de certains atomes de la maille.

La cellulose mercerisée (NaOH 16 %) montre par le même traitement un

([4]) A. Schoenberg, A. Mustafa et W. Asker, *J. Am. Chem. Soc.*, **73**, 1951, p. 2876 à 2878.

(*) Séance du 23 juillet 1951.

([1]) *Nature*, **140**, 1937, p. 281.

([2]) *Z. f. Phys. chem.* (A), **182**, 1940, p. 341.

([3]) *Z. f. Phys. chem.* (B), **49**, 1941, p. 235.

([4]) C. Legrand, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1984.

([5]) C. Legrand, *J. Chim. Phys.*, **48**, 1951, p. 34.

changement progressif du cliché de diffraction. Après une heure de chauffage, on constate l'apparition d'une nouvelle interférence correspondant à une distance réticulaire d'environ 5 Å, 65 ± 0,05 Å. En même temps, la tache $(10\bar{1})$ du réseau II tend à disparaître tandis que la tache (002) se renforce. La prolongation du traitement accentue cette modification du diagramme. Toutefois, la transformation est limitée, quelle que soit la durée du chauffage, à environ 50 % du réseau II initial. La même modification s'observe, mais dans une proportion plus faible, si l'on traite la cellulose mercerisée sèche ou le composé de gonflement qui lui donne naissance (« water cellulose »), par l'eau distillée, à l'autoclave à 250°C. Par contre la transformation dans le glycérol à 250° C de la Na-cellulose I est bien plus complète (70 % environ). La forme IV manifeste une période de fibre identique à celle des réseaux I et II et elle est caractérisée par deux interférences équatoriales principales. La plus extérieure se superpose à peu près à l'interférence (002) du réseau II; la même désignation doit lui être attribuée dans le réseau IV. En effet, il n'est pas possible de confondre avec elle la réflexion $(10\bar{1})$ du nouveau réseau; ceci aurait conduit à observer un rapprochement progressif de la tache $(10\bar{1})$ du réseau II par rapport aux taches (002) de l'ancien et du nouveau réseau. Or, la réflexion $(10\bar{1})$ du réseau II ne change pas de position. La nouvelle interférence plus près du centre doit donc correspondre à la fois aux réflexions (101) et $(10\bar{1})$ du nouveau réseau, celui-ci est donc orthorhombique.

Contrairement à Hess et Kiessig nous ne trouvons pas une augmentation sensible de l'intensité des interférences (020) alors que ce phénomène est très net pour la cellulose III.

Pour évaluer de façon précise la maille de ce réseau nous avons cherché à obtenir une transformation totale. On y parvient en s'adressant au réseau III_α traité par le glycérol. Le réseau III_β traité de la même façon n'est pas transformé totalement. Le tableau suivant résume les résultats des mesures :

Réseau initial.	Traitement.		(101) et $(10\bar{1})$ Å.	(002) Å.	a Å.	c Å.	Surface Å².
Na cellulose I.........	Glycérol	5 h. 250°	5,65	3,97	7,98	7,94	63,4
« Water cellulose »....	Autoclave	4 h. 250°	5,73	4,01	8,19	8,02	65,7
» »	»	4 h. 200°	5,64	4,00	7,95	8,00	63,6
Cellulose mercerisée...	Glycérol	3 h. 240°	5,63	3,99	7,94	7,98	63,4
» » ...	»	3 h. 240°	5,67	4,00	8,03	8,00	64,3
» » ...	»	8 h. 240°	5,65	7,99	8,00	7,98	63,8
Cellulose III_α.........	»	6 h. 240°	5,67	3,96	8,12	7.92	64,3
» III_β.........	»	5 h. 250°	5,62	3,95	8,00	7,90	63,2

La maille est orthorhombique et presque quadratique (à moins de 2 % près). Sous l'influence de l'eau, aucun changement n'est décelé.

La cellulose IV se laisse merceriser : on obtient une dispersion micellaire

qui, filtrée et séchée, fournit un diagramme de cellulose mercerisée bien cristallisée.

La cellulose IV traitée par l'ammoniac liquide donne un composé de gonflement qui abandonné à l'air se transforme en cellulose III_α.

Avec le diphényle et la tétraline, on obtient non plus la cellulose IV, mais la cellulose native, dans *une proportion toujours très faible.*

Le naphtalène monochloré α, malgré son caractère polaire, conduit aussi au réseau I. Dans certains cas, les deux interférences (101) et $(10\bar{1})$ du réseau I tendent à se confondre en un masse plus ou moins confuse.

En effet, les réseaux I et IV sont assez proches l'un de l'autre, ils constituent les limites entre lesquelles peuvent se placer des réseaux de reversion dont les paramètres varient assez peu. Ainsi l'angle β des axes a et c qui vaut 84° pour la forme native, passe à la valeur de 90° par la cellulose IV. De petites différences dans la constitution moléculaire du solvant suffiraient pour expliquer ces différences de comportement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Méthode pour déterminer la tension superficielle des solides.* Note (*) de M. **Carl Benedicks**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Une méthode fondée sur l'*effet de mouillage négatif* permet d'évaluer la tension superficielle des solides. Pour six d'entre eux, cette propriété a été trouvée comprise entre 87 (sucre) et 228 dynes : cm (acier trempé). Par leur ordre de grandeur, ces chiffres concordent avec les prévisions de la théorie et avec les résultats d'une méthode expérimentale applicable aux corps amorphes. Enfin, la tension superficielle des solides croît régulièrement et de façon accélérée avec la dureté.

L'*effet de mouillage négatif*, objet d'une précédente Note [1], c'est-à-dire, la diminution que subit la résistance à la rupture d'un solide [2] quand il est mouillé par un liquide, a été trouvé proportionnel à la tension superficielle de celui-ci. La droite ainsi obtenue, prolongée jusqu'à l'axe des tensions, le coupe en un point dont l'abscisse mesure *la tension superficielle du solide* γ_S.

Ce point d'intersection, en effet, correspond à la tension superficielle γ_L d'un liquide qui serait capable d'annuler par mouillage la résistance du solide à la rupture, donc de supprimer toute force de cohésion à la surface de contact : $\gamma_{SL} = 0$. Appliquée à l'interface solide-liquide, la règle d'Antonoff [3], relative à la tension interfaciale de deux liquides normaux 1 et 2 et traduite par l'égalité : $\gamma_{12} = \gamma_1 - \gamma_2$, fournit pour l'abscisse γ_L du point d'intersection $\gamma_S = \gamma_L$, puisque la tension $\gamma_{SL} = \gamma_S - \gamma_L$ est nulle en ce point. D'où

(*) Séance du 16 juillet 1951.

(1) Carl Benedicks, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2435.

(2) Déterminée par flexion au moyen de la micromachine Chevenard.

(3) G. Antonoff et J. Alexander, *Colloïd Chemistry*, 7, New-York, 1950, p. 83.

une méthode très simple pour atteindre la *tension superficielle* γ_S *d'un solide, à peine accessible jusqu'ici.* Ainsi, à partir de la figure 1 de la Note précitée on obtient pour le sucre $\gamma_S = 87$ dynes : cm.

Voici les résultats obtenus pour divers solides :

Tension superficielle à 20° (dynes : cm).

Sucre I	87	Plâtre	130	Verre à glace	196
Sucre II	113	Marbre	162	Acier C 0,75 % trempé	228

A titre de comparaison, une méthode directe utilisable pour les corps amorphes a donné 50 dynes : cm à 20° pour la poix ([4]) et 70 dynes : cm à 500° pour le verre au plomb, résultat qui extrapolé à 20° s'élève à 154 dynes : cm. Ces chiffres sont du même ordre que ceux du tableau ci-dessus.

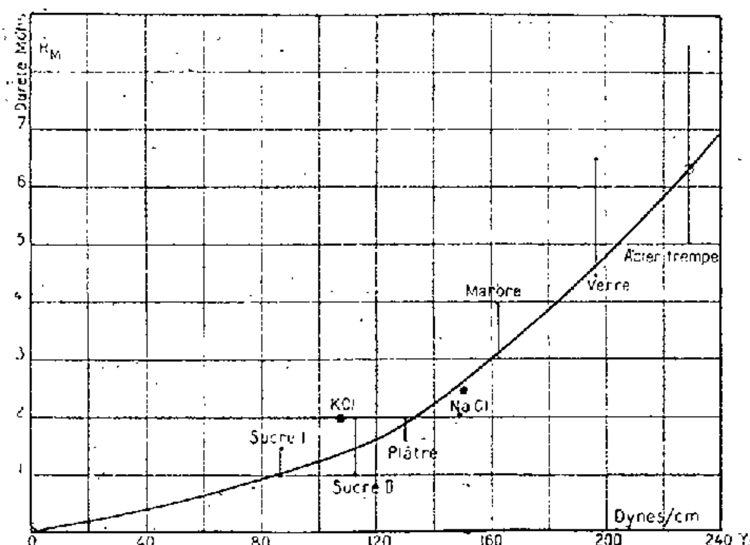


Fig. 1.

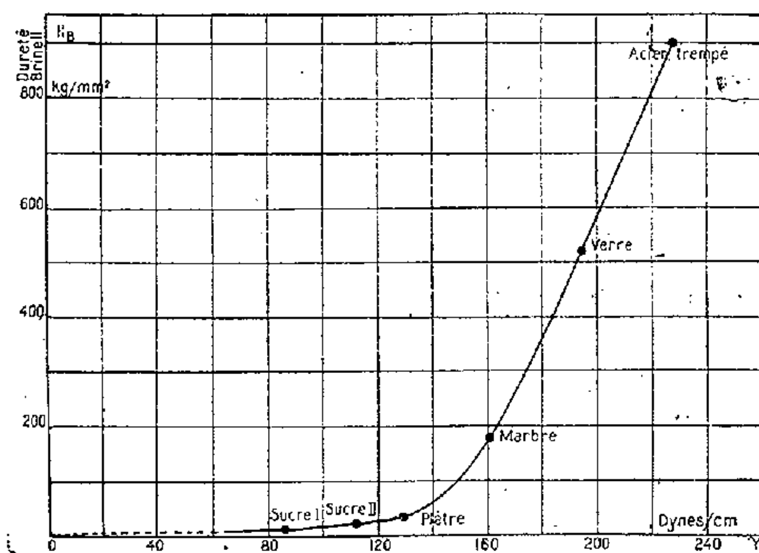


Fig. 2.

Tension superficielle des solides.

Il a paru intéressant de comparer la tension superficielle des solides à leur dureté. Tel est le but des diagrammes représentés par les figures 1 et 2, construits, l'un pour la dureté de Mohs H_M, l'autre pour la dureté Brinell H_B. Sur le premier figurent, outre les résultats de mes expériences, deux points calculés par Born et Stern ([5]) selon des considérations théoriques pour les chlorures de potassium et de sodium.

Les deux diagrammes présentent la même allure, avec une dispersion évidemment plus grande pour le premier. La dureté augmente continûment en fonction de la tension superficielle, mais de façon accélérée : jusqu'à 130 dynes : cm, H_B varie peu, puis croît beaucoup au delà de 160 dynes : cm. Dans le premier domaine, la bille Brinell produit une empreinte profonde avec augmentation considérable de la surface, et l'énergie nécessaire est surtout fonction de γ_S. Pour les corps durs, où l'empreinte est petite, γ_S intervient peu et l'énergie est employée surtout à vaincre les forces de cohésion à l'intérieur du solide.

([4]) B. Berggren, *Ann. Phys.*, (4), **44**, 1914, p. 61 ; *voir* aussi A. A. Griffiths, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A, **221**, 1920, p. 163.

([5]) M. Bonn et O. Stern, *Sitab. preuss. Akad. Wiss.*, **48**, 1919, p. 901.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *L'hydrolyse de l'anhydride acétique dans l'acide acétique.* Note de M. **Théophile Yvernault**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans les mélanges eau-acide acétique à faible teneur en eau, l'hydrolyse de l'anhydride acétique est catalysée par les acides ([1]). D'autre part dans les mélanges eau-acétone, l'hydrolyse spontanée est fortement influencée par la constante diélectrique ([2]).

Nous avons cherché à préciser le rôle de petites quantités d'acides forts dans cette hydrolyse en milieu acétique à $25° \pm 0{,}1$.

On suit l'hydrolyse en dosant l'eau qui reste à un instant donné par le réactif de Karl Fischer. L'échantillon à doser étant prélevé à la pipette, l'humidité atmosphérique rend les résultats peu précis pour moins de 2 g d'eau par litre. Nous n'avons tenu compte que des teneurs en eau supérieures à cette valeur.

Pour éviter une trop grande variation des propriétés du milieu, nous nous sommes limité à des solutions contenant par litre moins de 20 g d'eau, et la quantité correspondante d'anhydride.

Nous caractériserons la vitesse de la réaction par la diminution V du nombre de molécules-grammes d'eau par litre et par minute. Le produit de la réaction étant le solvant lui-même, nous pouvons utiliser toutes les vitesses obtenues au cours d'une expérience, sans qu'interviennent des actions secondaires dues aux produits de la réaction.

En absence de catalyseur on a sensiblement :

$$V = 6.10^{-4} xy,$$

x et y étant respectivement les nombres de molécules-gramme d'eau et d'anhydride par litre.

Ce résultat montre qu'en absence de catalyseur et à la température ordinaire, on ne peut pas obtenir une élimination totale rapide de l'eau contenue dans l'acide acétique par addition de la quantité calculée d'anhydride.

En présence d'acides forts la vitesse peut être considérablement augmentée. Le pouvoir catalytique des acides étudiés décroît dans l'ordre suivant : perchlorique, sulfurique, chlorhydrique, trichloracétique, ce dernier étant sans action sensible en solution centinormale. Nous exposons ici les résultats obtenus avec les acides perchlorique et chlorhydrique.

Catalyse par l'acide perchlorique. — La concentration de l'acide perchlo-

---

([1]) Orton et Jones, *J. Chem. Soc. Lond.*, 101, 1912, p. 1708.

([2]) V. Gold, *Trans. Far. Soc.*, 1948, p. 506.

rique a varié de $n/600$ à $n/50\,000$. On a représenté (*fig.* 1) la vitesse en fonction de la teneur en catalyseur pour des concentrations moléculaires égales en eau et anhydride. Les courbes sont tracées pour 10, 5 et 2 g d'eau par litre. Pour une même courbe, les propriétés thermodynamiques de la solution sont pratiquement constantes, les quantités de catalyseur étant très faibles. Entre 10 et 5 g d'eau par litre la vitesse ne varie que faiblement.

Avec des concentrations d'eau et d'anhydride différentes, la vitesse est sensiblement proportionnelle à la concentration de l'anhydride. Par contre elle décroît lorsque croît la concentration de l'eau, et assez forte-

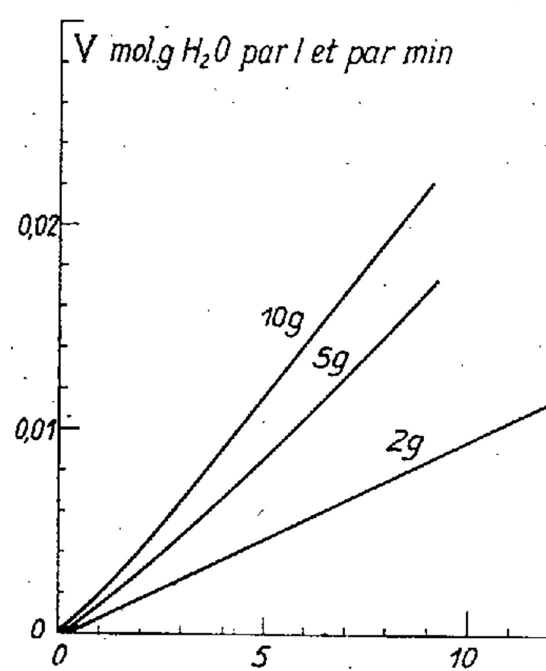


Fig. 1.

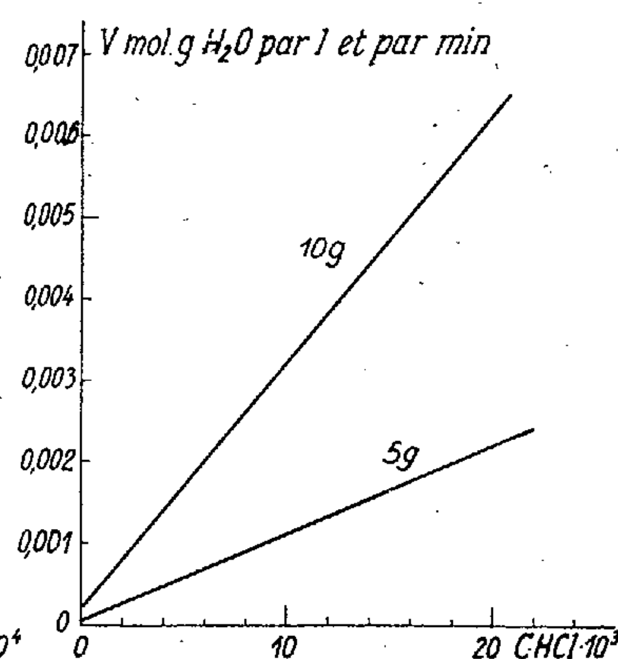


Fig. 2.

ment pour que, avec un excès d'anhydride, elle puisse augmenter à mesure que disparaissent les produits réagissants.

Cette hydrolyse rapide en présence d'acide perchlorique nous a servi à déterminer la teneur en anhydride pur de l'anhydride utilisé. On ajoute un léger excès de solution aqueuse 0,01 n d'acide perchlorique à l'anhydride, puis on dose l'eau qui reste par le réactif de Karl Fischer. On a trouvé des teneurs allant de 98 à 99 % avec une précision de 0,01 %, l'impureté étant essentiellement l'acide acétique.

Catalyse par l'acide chlorhydrique. — Elle est beaucoup plus faible. La figure 2 représente la vitesse en fonction de la concentration du catalyseur (comprise entre $n/50$ et $n/1000$) pour des solutions contenant par litre un nombre égal x de molécules-gramme d'eau et d'anhydride. Dans le domaine étudié la vitesse est alors à peu près proportionnelle à $x^{1,5}$ et est une fonction linéaire de la concentration du catalyseur.

Pour interpréter ces résultats en dehors du rôle de la constante diélectrique, qui doit varier assez fortement en raison de ses valeurs élevées pour l'eau et l'anhydride, nous avons admis les hypothèses de travail suivantes :

1° c'est essentiellement l'acide non dissocié qui catalyse la réaction. Ainsi s'expliquent les courbes linéaires pour l'acide chlorhydrique, pratiquement non dissocié. Pour l'acide perchlorique, la dissociation, sensible aux fortes dilutions, comme cela résultait déjà de notre étude sur les potentiels d'hydrogène de ses solutions dans l'acide acétique ([3]), explique la concavité vers le haut des courbes (*fig.* 1);

2° l'eau, à cause de ses propriétés basiques, et éventuellement l'anhydride sont susceptibles de fixer des molécules d'acide catalyseur, sous des formes qui restent à préciser.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la formation d'un laitier au titane par fusion réductrice sélective de l'ilménite.* Note (*) de MM. **André Chrétien** et **William Freundlich**, présentée par M. Louis Hackspill.

En présence de charbon et d'un fondant, carbonate de sodium, en proportions convenables, le fer et le titane sont séparés d'une manière pratiquenent totale, si la température est comprise entre des limites bien précises : 1210° et 1340°. Le système donne deux couches liquides, un laitier qui rassemble le titane et une fonte.

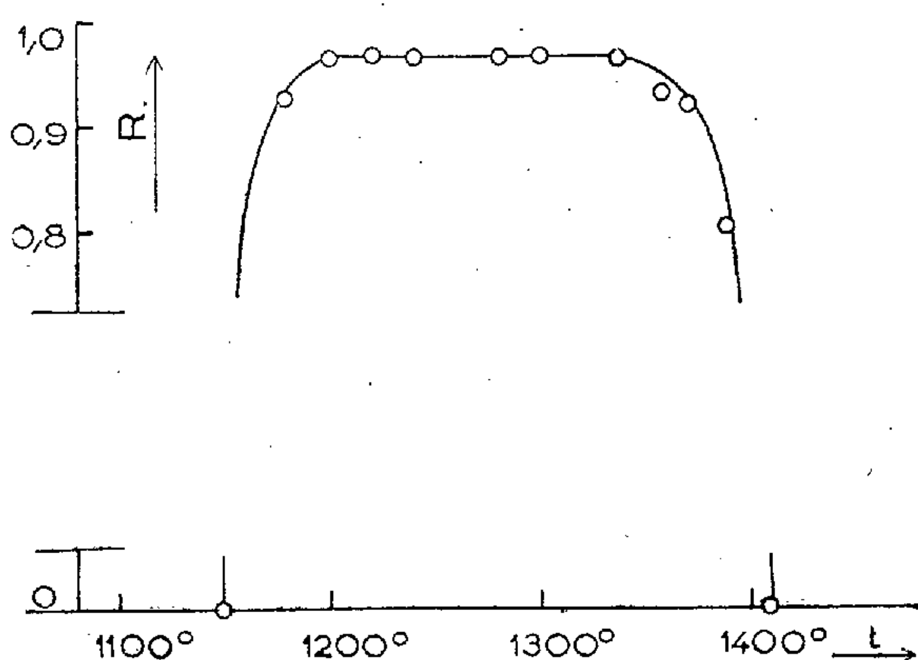
L'ilménite est essentiellement formée d'oxyde titanique TiO_2 associé aux deux oxydes de fer FeO et Fe_2O_3, en proportions très variables suivant son origine, pour ces deux derniers surtout qui peuvent être en proportions très différentes (ilménite sénégalaise, riche en Fe_2O_3; ilménite norvégienne, riche en FeO) ou comparables (ilménite égyptienne). L'oxyde TiO_2 se différenciant des oxydes de fer par une résistance relativement grande à la réduction, nous avons recherché dans quelle mesure il est possible de séparer le titane et le fer par réduction limitée aux oxydes de fer. L'opération utilise un fondant, carbonate de sodium, qui permet le partage de la masse en deux phases liquides par différence de densité : une fonte, et un laitier rassemblant le titane. Elle est soumise à un ensemble de conditions nécessaires, certaines limitatives car elles interviennent avec des variations qui s'opposent dans la formation de la fonte et dans celle du laitier. C'est le cas tout spécialement pour la proportion de charbon et pour la température. L'un et l'autre de ces deux facteurs doit être fixé d'une manière stricte pour assurer la réduction totale des oxydes de fer et éviter celle de l'oxyde TiO_2. La proportion du fondant compte surtout pour donner une fluidité suffisante au laitier; il suffit que le rapport Na_2O/TiO_2 prenne la valeur 0,24.

([3]) Yvernault, Moré et Durand, *Bull. Soc. Chim.*, 1949, p. 542.

(*) Séance du 2 juillet 1951.

Le mélange d'ilménite-carbonate de sodium-charbon (de 20 à 30 g) contenu dans un creuset de graphite est fondu dans un four électrique à résistance de graphite.

1. Une étude préliminaire nous a montré que la réduction des oxydes de fer dans l'ilménite commence dans ces conditions à 680° et se termine à 1080°. La réduction de l'oxyde TiO_2 dans l'ilménite ne se manifeste qu'à partir de 1100°. Le charbon présent doit être limité à la quantité nécessaire pour la réduction des oxydes de fer et la carburation du fer. Tout excès est nuisible en raison d'une réduction parasite de l'oxyde TiO_2. A titre d'exemple, 100 g d'ilménite sénégalaise nécessitent un apport de charbon limité à 8,5 g au lieu de 10,2 g pour la quantité théorique; la différence provenant du fondant et du creuset.



2. La température doit être suffisamment élevée pour assurer la fusion de toute la masse et lui donner une fluidité convenable sans permettre cependant la réduction du laitier. Les limites de température correspondantes sont 1150 et 1400°. Pratiquement, le rendement de la séparation (masse de fer passé dans la fonte rapportée à la masse de fer total) s'élève brutalement à partir de 1150° jusqu'à 0,97 atteint dès 1210°, reste fixe, puis s'abaisse aussi brutalement à partir de 1340°, pour tomber à zéro à 1400°. L'intervalle de température utilisable est donc bien délimité (*figure*).

Le choix de la température se répercute par ailleurs sur la durée de chauffe. Une chauffe prolongée conserve le rendement maximum à 1200°; elle l'abaisse de plus en plus au delà. On passe ainsi, à 1370°, de 0,96 pour 15 mn à 0,90 pour 120 mn.

Le laitier obtenu contient 74 g TiO_2 pour 100 g et seulement 1,5 g de fer. Ce dernier y est entraîné par diffusion. La fonte contient au plus 0,5 TiO_2 pour 100 g.

En résumé, ce travail établit la possibilité de séparer fer et titane d'une manière pratiquement quantitative par fusion réductrice sélective de

l'ilménite, avec formation d'un laitier et d'une fonte. Teneur en charbon ajouté et température sont les facteurs essentiels de cette séparation qui revient à partager le système en deux phases liquides avec décantation.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Chromatographie sur papier des ortho, pyro, méta et polyphosphates*. Note (*) de MM. **Jean-Pierre Ebel** et **Yves Volmar**, présentée par M. Paul Lebeau.

La séparation et le dosage des ortho, pyro, méta et polyphosphates n'étaient jusqu'à présent possibles que par des méthodes purement chimiques, difficiles et nécessitant d'assez grandes quantités de produits. Il nous a semblé que la chromatographie de partage sur papier représentait une méthode de choix permettant une séparation totale avec de très petites quantités. Cette technique avait d'ailleurs déjà été appliquée à la séparation et au microdosage de toute une série de composés phosphorés organiques, tels que nucléotides ([1]) et esters phosphoriques ([2]).

Nous nous sommes attachés à la séparation des phosphates minéraux suivants, tous bien définis : *a*. orthophosphate disodique; *b*. dans la série des métaphosphates (structure cyclique) : triméta et tétramétaphosphates de sodium; *c*. dans la série des polyphosphates (structure linéaire) : pyrophosphate tétrasodique et tripolyphosphate de sodium; enfin le sel de Graham, improprement appelé « hexamétaphosphate », auquel les travaux récents attribuent la structure d'un polyphosphate de haut poids moléculaire ([3]).

Les papiers Whatman n°s 1 et 4, que nous avons utilisés, ne permettent une migration convenable des phosphates que s'ils ont été préalablement soumis à un lavage ([2]) : lavage à l'acide chlorhydrique dilué, si l'on utilise un solvant alcalin; lavage avec une solution alcoolique de 8-hydroxyquinoléine, si l'on emploie un solvant acide.

Les systèmes de solvants utilisables sont très nombreux et nous ne reproduisons ici que les plus intéressants d'entre eux, tous miscibles à l'eau et qui nous ont donné les meilleurs résultats :

(*) Séance du 23 juillet 1951.

([1]) B. Magasanik, E. Vischer, R. Doniger, D. Elson et E. Chargaff, *J. Biol. Chem.*, **186**, 1950, p. 37; C. E. Carter, *J. Amer. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 1466.

([2]) C. S. Hanes et F. A. Isherwood, *Nature*, **164**, 1949, p. 1107.

([3]) O. Lamm et H. Malmgren, *Z. anorg. allgem. Chem.*, **245**, 1940, p. 103; O. Samuelson, *Svensk. Kem. Tid.*, **56**, 1944, p. 343; J. R. Van Wazer, *J. Amer. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 647.

	R_F [4]					
	Ortho.	Pyro.	Tri-poly.	Tri-méta.	Tétra-méta.	Graham.
I. — *Solvants acides.*						
a. Isopropanol (70), eau (30), acide trichloracétique (5).................	0,76	0,56	0,44	0,34	0,22	0
b. Butanol tertiaire (40), isopropanol (30), eau (30), acide trichloracétique (5)..	0,72	0,55	0,49	0,44	0,38	0
c. Butanol tertiaire (80), eau (20), acide picrique (4).....................	0,68	0,49	0,38	0,34	0,25	0
II. — *Solvants alcalins.*						
a. Isopropanol (40), isobutanol (20), eau (39), ammoniaque concentrée (1)..	0,43	0,33	0,30	0,54	0,48	0
b. N-propanol (30), éthanol (30), eau (39), ammoniaque concentrée (1).........	0,45	0,36	0,30	0,74	0,61	0

La révélation peut se faire par deux méthodes :

1° La méthode de Hanes et Isherwood [2] : Pulvériser sur le papier préalablement séché une solution chlorhydroperchlorique de molybdate d'ammonium. Après passage à l'étuve à 80°, puis séjour dans une atmosphère d'hydrogène sulfuré, les taches apparaissent en bleu (bleu de molybdène). On peut ainsi révéler 5 μg de phosphore.

2° La méthode de Velluz et Pesez [5] : Pulvériser sur le papier séché une solution nitrique de molybdate d'ammonium contenant un peu de sulfate basique de quinine. Après passage à l'étuve à 80°, on examine en lumière de Wood. Le phosphomolybdate de quinine obtenu forme une tache obscure sur un fond fluorescent bleu. Cette méthode permet l'enregistrement photographique.

L'association des solvants alcalins avec les solvants acides en chromatographie bidimentionnelle permet une séparation intégrale de tous les composés étudiés. On remarquera qu'avec tous les solvants, et plus particulièrement avec les solvants alcalins, les métaphosphates à formule cyclique se placent dans une région bien distincte de celle des polyphosphates linéaires. A l'intérieur de chacun de ces groupes, les corps se disposent en fonction de leur poids moléculaire. C'est ainsi qu'à l'extrême, le sel de Graham, polyphosphate de poids moléculaire élevé, ne se déplace pas du tout. Il nous semble que la technique chromatographique permettrait

---

([4]) En chromatographie ascendante sur papier Whatman 4 lavé.
R_F = rapport du déplacement du corps dissous à la distance parcourue par le front du solvant.

([5]) *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 868.

de donner des indications intéressantes sur la structure de plusieurs méta ou polyphosphates de constitution encore discutée.

Nous terminerons en indiquant que par découpage des taches, minéralisation et dosage colorimétrique de l'acide orthophosphorique par la microméthode de Berenblum et Chain, on peut procéder au microdosage des différents phosphates avec une précision très satisfaisante.

PHYSIQUE DU SOL. — *L'équilibre des profils hydriques, en période sèche, traduit l'irréversibilité du processus de desséchement.* Note de M. **Marc Hallaire**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous avons montré ([1]) pour plusieurs types de sol que le rapport $(\psi - 1000)_Z/(\psi - 1000)_{Z'}$, existant entre les potentiels capillaires corrigés de deux couches successives de terre de profondeurs moyennes Z et Z', demeurait sensiblement indépendant, d'une part, de la profondeur considérée, Z, d'autre part, de l'état de desséchement du sol. Un tel résultat pouvant s'écrire

(1) $$\log(\psi - 1000)_Z - \log(\psi - 1000)_{Z'} \# \text{const.} \quad (\text{profils PM, } \textit{fig. } 1);$$

nous avions supposé que la diffusion de l'eau dans le sol répondait à la formule $dQ/dt = [A/(\psi - 1000)]\, d\psi/dZ$, soit encore

(2) $$\frac{dQ}{dt} = A' \frac{d\log(\psi - 1000)}{dZ}.$$

Cette hypothèse conduisait ainsi à admettre que le flux *per ascensum* était le même à tous les niveaux (ce qui est la condition même du régime permanent) et qu'il demeurait en outre constant au fur et à mesure que le sol se desséchait.

Nous nous proposons de montrer qu'en réalité cet état permanent n'est qu'apparent et que le débit correspondant à un gradient $d\log(\psi - 1000)/dZ$ donné, est susceptible de varier entre zéro et la valeur indiquée par l'équation (2), de manière à compenser constamment les pertes par évaporation directe ou par transpiration végétale.

L'équation (2) qui, mise sous la forme

(3) $$\frac{dH}{dt} = \frac{100\,A'}{\sigma} \frac{d^2 \log(\psi - 1000)}{dZ^2}$$

(H = humidité pour cent, σ = densité du sol en place),

permettrait de calculer la variation de l'humidité H de chaque tranche de terre, n'est en effet valable que dans le cas du desséchement ou, ce qui revient au même, lorsque le profil tourne sa concavité vers les $\log(\psi - 1000)$ croissants. Elle ne saurait être exacte dans le cas contraire où, le profil tournant sa conca-

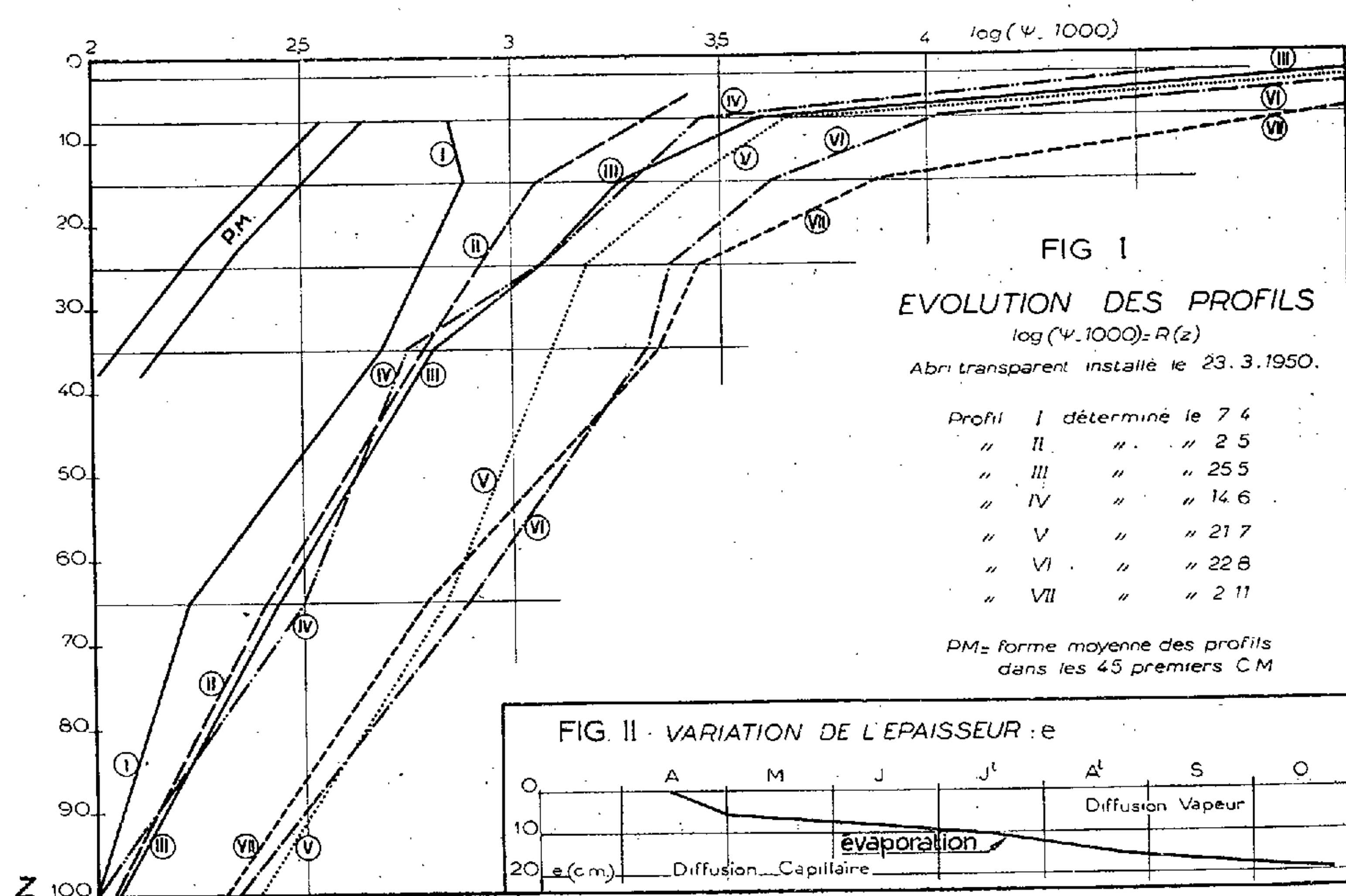
---

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1361 et **230**, 1950, p. 462.

vité vers les $\log(\psi - 1000)$ décroissants, le flux ascensionnel tendrait à réhumecter le sol. On sait en effet qu'en raison de l'hystérésis présenté par la courbe $\psi(H)$ dans le cycle desséchement-réhumectation, la réhumectation d'une couche de terre à partir d'une autre couche non saturée est pratiquement nulle. C'est ce qui se produit naturellement quand, à la suite du desséchement des couches superficielles du sol, l'évaporation devient trop faible pour compenser le débit indiqué par l'équation (2). L'humidité H demeure alors constante et le profil apparaît stable.

Un tel équilibre, survenant au moment où la concavité du profil

$$\log(\psi - 1000) = R(Z)$$



tend à changer de sens, sera dès lors caractérisé par les équations

$$\frac{d^2 \log(\psi - 1000)}{dZ^2} = 0,$$

soit

$$(4) \qquad \log(\psi - 1000) = \alpha Z + \beta;$$

on aboutit à une relation linéaire; c'est bien ce que montrait déjà l'examen des profils PM.

Afin de vérifier directement les hypothèses émises, nous avons suivi l'évolution des profils en $\log(\psi - 1000)$ déterminés jusqu'à un mètre de profondeur sous une parcelle maintenue sans culture et protégée artificiellement contre la pluie (profils I à VII, *fig.* 1). Si l'on excepte la partie supérieure des profils ([2]),

([2]) C'est-à-dire la couche superficielle de terre e dont l'humidité est inférieure au point

on constate qu'effectivement les profils se présentent sous une forme sensiblement linéaire et que, d'autre part, ils n'évoluent que dans le sens du dessèchement en dépit de la diminution progressive de l'évaporation.

En définitive, si le sol peut se dessécher de la surface vers la profondeur sous l'action d'une évaporation suffisante, le profil $\log(\psi - 1000) = R(Z)$ s'incurvant alors vers les $\log(\psi - 1000)$ croissants, il ne peut se réhumecter quand, du fait même du dessèchement, l'évaporation vient à diminuer. Le profil tend alors vers une forme d'équilibre du type du régime permanent mais où l'écoulement n'est plus commandé, par suite de l'hystérésis, par le gradient du potentiel. L'eau transportée dans ces conditions est uniquement prélevée dans les couches profondes dont le dessèchement a pour corollaire un déplacement lent du profil vers la droite (profils IV à VI, *fig.* 1).

GÉOPHYSIQUE. — *La raie interdite* $^4S - ^2D$ *de l'atome neutre d'azote dans les spectres du ciel nocturne et du crépuscule.* Note de M. **Maurice Dufay**, présentée par M. Jean Cabannes.

La raie 5199 Å a été observée régulièrement en été, à la fin du crépuscule et dans les premières heures de la nuit, mais elle n'apparaît pas sur des clichés à longue pose obtenus en hiver.

On suggère un mécanisme d'excitation possible par absorption du rayonnement solaire de longueur d'onde 3466 Å; les atomes ^4S peuvent être portées au niveau ^2P et retomber au niveau normal, en émettant successivement les raies 10 406 et 5199 Å.

La raie interdite $^4S - ^2D$ de l'atome d'azote, identifiée dans les aurores de basse latitude ([1]), puis dans les aurores septentrionales ([2]), n'a jamais été caractérisée avec certitude dans la lumière du ciel nocturne. Cependant, en photographiant le spectre de la lumière zodiacale, G. Courtès ([3]) l'a observée avec une assez grande intensité, en même temps que la bande 4277 Å de la molécule N_2^+. La raie est demeurée visible pendant trois soirées consécutives (19, 20, 21 janvier 1949), mais elle ne figure pas sur les autres clichés obtenus dans des conditions identiques. Le Soleil était à plus de 16° ou même 18° au-dessous de l'horizon au début des poses. Pour de telles dépressions solaires, les bandes négatives de l'azote, observables chaque soir dans un crépuscule

---

de flétrissement temporaire (correspondant ici à $\log(\psi - 1000) \# 3.7$) et où l'eau ne diffuse plus qu'à l'état de vapeur. Le phénomène d'évaporation qui se situe à un niveau inférieur de la couche *e* (*voir fig.* 2) est alors d'autant moins intense que la couche considérée est plus épaisse.

([1]) J. Dufay et Tcheng Mao-Lin, *Comptes rendus*, **215**, 1941, p. 692; *Cahiers de Physique*, Cahier n° 8, 1942, p. 51; J. Dufay, *Annales d'Astrophysique*, 6, 1943, p. 81.

([2]) L. Vegard, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1885.

([3]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 62.

moins avancé, sont ordinairement très affaiblies ([4]). Ainsi, bien que les trois soirées en question correspondent à une période de calme magnétique, les spectres de G. Courtès ressemblent plus à celui d'une aurore de basse latitude qu'à celui d'un crépuscule normal.

Ces observations m'ont conduit à rechercher, d'une manière systématique, la raie $^4S - ^2D$ dans les spectres du ciel nocturne et du créspuscule. J'ai utilisé le grand spectrographe à deux prismes de J. Cojan ([5]), ouvert à F/0,65, installé à l'Observatoire de Haute-Provence, dont la dispersion atteint 180 Å : mm à 5200 Å. De juin 1950 à juillet 1951, 25 spectrogrammes ont été obtenus sur plaques Eastman 103*a*G.

La raie est visible, mais toujours faible, sur la plupart des clichés pris en été (présence certaine sur 13 clichés, douteuse sur les trois autres). La moyenne des mesures faites sur les 10 meilleurs spectres donne la longueur d'onde $5199,1 \pm 0,5$ Å, en bon accord avec les déterminations précédentes ([1]), ([2]), ([3]). La raie est particulièremeut nette quand la pose débute pendant le créspuscule du soir, dès que le spectre continu est suffisamment affaibli (dépression solaire voisine de 12°, quand on vise à 11° de l'horizon, dans l'azimut du Soleil couché). Elle apparaît alors plus forte avec des poses de 1 à 3 h qu'avec des poses de 5 à 6 h commencées après la fin du crépuscule. Enfin la raie est absente sur les spectres très intenses obtenus en hiver, avec de longues poses, où la structure de la bande (7,1) de OH est très apparente ([6]).

Il est probable que le rayonnement solaire intervient dans l'excitation de la raie $^4S - ^2D$ au crépuscule et pendant les premières heures des nuits d'été. On considère généralement comme très difficile la dissociation photochimique des molécules d'azote, mais, si l'on admet la présence préalable d'une certaine proportion d'atomes d'azote libres, on peut envisager le mécanisme d'excitation suivant :

Pendant le jour, les atomes ^4S peuvent être portés aux niveaux métastables ^2D et ^2P, en absorbant les radiations 5199 et 3466 Å. Avec les probabilités de transition spontanée calculées par S. Pasternack ([7]) et en assimilant le rayonnement solaire à celui d'un corps noir à 6000° K, on calcule aisément le nombre de transitions attendues dans chaque cas. On trouve $2,5 . 10^{-12}$ transitions $^4S \rightarrow ^2D$ et $43,2 . 10^{-12}$ transitions $^4S \rightarrow ^2P$ par atome et par seconde. Les atomes pórtés au niveau ^2P, dont la vie moyenne est de l'ordre de 2 secondes, retombent presque immédiatement au niveau ^2D, en émettant le quadruplet 10406 Å. Ils s'accumulent sur le niveau ^2D en raison de sa longue durée de

---

([4]) *Annales d'Astrophysique*, 10, 1947, p. 33.

([5]) M. Dufay, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 77; *Annales de Géophysique*, 5, 1949, p. 1.

([6]) M. Dufay, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2344.

([7]) *Astrophysical Journal*, 92, 1940, p. 129.

vie (> 8 h), puis finissent par revenir en ^4S, avec émission de la raie 5199 Å, s'ils ne perdent pas leur excitation par chocs.

Si l'on néglige tout autre processus d'excitation et de désexcitation, l'équilibre, en présence du rayonnement solaire, correspondrait à $1,6.10^{-10}$ atomes ^2P et $2,2.10^{-6}$ atomes ^2D pour 1 atome ^4S. Mais il ne peut s'établir que très lentement. Même sans tenir compte de la désexcitation par chocs, on trouve que la proportion des atomes ^2D, à la fin d'une journée d'été, ne peut excéder $1,5.10^{-6}$.

Admettons qu'on ait 1 atome ^2D sur 10^6 atomes d'azote et que l'intensité de la raie 5199 Å soit, vers la fin du crépuscule, 1/100 de celle de la raie 5577 Å de l'oxygène. Le nombre de transitions $^2D \rightarrow {}^4S$ serait alors, au zénith, de l'ordre de $1,3.10^6$ par centimètre carré et par seconde, ce qui exigerait la présence de 7.10^{10} atomes ^2D et de 7.10^{16} atomes ^4S dans une colonne verticale de 1 cm² de section. Or, si l'azote était entièrement dissocié en atomes au-dessus de 100 km, on aurait environ $7,3.10^{18}$ atomes d'azote libres par centimètre carré. On retiendra de ces calculs qu'un faible degré de dissociation doit suffire à rendre compte de l'intensité de la raie observée.

GÉOLOGIE. — *La surface infratriasique dans le domaine du bassin houiller sarro-lorrain.* Note (*) de MM. **Nicolas Théobald** et **Karl Britz**, transmise par M. Pierre Pruvost.

I. *Age de la surface infratriasique.* — Dans la bibliographie géologique il est souvent question d'une surface prétriasique représentant la base des dépôts triasiques. L'emploi du terme prétriasique a été souvent interprété à tort comme soulignant le fait que cette surface de contact est antérieure à l'époque triasique. Il en est ainsi sur la plus grande étendue de cette surface. Dans le Hunsrück, où le Trias repose sur le Dévonien, cette surface a été modelée en partie à partir de la fin du Dévonien. Dans le bassin sarrois, où la phase principale du plissement a eu lieu à la limite de l'Autunien et du Saxonien, la surface a été en partie modelée durant le Permien supérieur. Au Sud-Est de la Grande Faille du Sud et au Nord de la latitude de Saint-Ingbert on connaît les grès d'Annweiler, termes de la base du Trias. Dans ces régions la base du Trias représente réellement une surface prétriasique. Au Sud de la latitude de Saint-Ingbert et au Nord-Ouest de la Grande Faille du Sud la base du Trias manque. Dans le domaine du bassin sarrois ce sont les termes moyens et élevés du grès vosgien, dans le domaine de l'anticlinal de Sierck et du Hunsruck ce sont les séries inférieures et moyennes du calcaire coquillier qui couvrent les reliefs primaires. Il est donc certain que le soubassement a été modelé

(*) Séance du 16 juillet 1951.

depuis la fin des temps primaires jusqu'à l'époque de son ensevelissement sous la couverture du Trias inférieur et moyen. La surface de contact entre le Trias et son soubassement n'est pas uniquement d'âge prétriasique. C'est en réalité une surface polygénique qu'il est préférable de désigner sous le terme d'infratriasique.

II. *Morphologie de la surface infratriasique.* — Plusieurs auteurs (L. van Werveke, Theobald, Lucius, Drumm, Guilcher) ont déjà signalé l'irrégularité de la surface infratriasique qui n'est pas une surface plane, mais accidentée de surélévations et de dépressions.

Notre intention est de montrer qu'en plusieurs endroits la surface infratriasique a été en partie exhumée et que la morphologie actuelle s'est souvent adaptée à son modelé.

1. Tel est le cas notamment au Nord de Völklingen. La surface infratriasique y est souvent soulignée par un horizon lehmifié, une argile-limite formant un important niveau aquifère et permettant de la repérer.

Le replat portant la localité de Ritterstrasse entre les cotes 335 et 320 correspond à la surface infratriasique. L'argile-limite épaisse de 2 à 3 m se poursuit vers le Sud-Ouest jusqu'à la cote 297,2 m. Sur le flanc Sud du Hohberg l'argile-limite peut-être identifiée à la base des carrières de grès vosgien vers l'altitude + 280 m. Cette position n'est pas due à des accidents tectoniques. La surface infratriasique accuse ainsi un pendage de 25 à 40 %.

Sur le versant Nord-Ouest du Hohberg la surface infratriasique est tout aussi irrégulière. On l'identifie au pied du Hundsberg vers l'altitude 280 et dans les fonds humides du Hartschiesserbruch vers 260 à 280 m. La surface infratriasique accuse donc un pendage de l'ordre de 35-40 % sur le versant Est de la vallée du Köllerbach. La pente actuelle de ce versant y est de 60 %.

Le versant Ouest du Köllerbach montre une disposition sensiblement symétrique. Entre le Waldfriedhof et le Nebelterberg, dans le même compartiment tectonique, la pente de la surface infratriasique est de près de 40 %.

La vallée actuelle du Köllerbachtal paraît donc correspondre sensiblement à une ancienne dépression infratriasique.

2. Sur le versant Est du Sprengerbach on observe aussi un pendage très accusé de la surface infratriasique. Le long du Schellerbach, affluent rejoignant le Sprengerbach à Elm, la surface infratriasique s'abaisse de l'Est vers l'Ouest de 280 à 250 m. La pente est de 30 %. Par contre la base du grès vosgien du Kas-Berg, sur le versant Ouest du Sprengerbach s'abaisse en sens inverse, c'est-à-dire de l'Ouest vers l'Est de 240 à 210 m. Le vallon du Sprengerbach semble donc aussi établi sur une ancienne dépression infratriasque.

3. En conclusion il apparaît que *la topographie infratriasique a eu une influence déterminante sur la morphologie actuelle.* Les anciennes dépressions remplies d'un matériel meuble ont dû former d'importants réservoirs d'eau et devaient être faciles à déblayer. Les phénomènes périglaciaires devaient y trouver un terrain favorable et exercer un déblaiement intense au cours des temps quaternaires. Cette influence semble d'autant plus décisive que le grès vosgien se trouvait placé sur un soubassement de nature lithologique différente. La présence des argiles imperméables du Houiller a déterminé une érosion différentielle très accusée entraînant l'exhumation partielle des modelés anciens.

4. Il est possible de faire des constatations analogues dans le domaine du Hunsruck. La vallée de la Sarre correspond en maints endroits à des dépressions infratriasiques. Tel est le cas notamment dans la région de Mettlach, Saarhölzbach, Taben. Une carte de la base du grès vosgien y révèle une dépression s'allongeant du Sud au Nord de Mettlach à Taben. La dépression actuelle de Mettlach correspond à une dépression plombée de Permien supérieur et de grès vosgien. Enfin à Dreisbach les coulées de mélaphyre du Permien moyen sont concentrées dans la vallée actuelle. En ces endroits *le modelé actuel s'est donc adapté à des reliefs anciens.*

GÉOLOGIE. — *Sur la Palynologie du dépôt de comblement d'un abri-sous-roche de Haute-Auvergne.* Note (*) de MM. **Henry Derville** et **Fridolin Firtion**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Nous présentons ici les résultats de l'analyse pollinique de quatre échantillons du dépôt de comblement d'un abri-sous-roche situé à la limite des communes de Moissac et de Sainte-Anastasie (département du Cantal).

Cet abri a été creusé par l'homme dans une masse de scories basaltiques que recouvre une coulée de lave de même nature pétrographique. L'entrée de l'abri est tournée vers l'Est.

Les prélèvements, au nombre de quatre, ont été récoltés par l'un d'entre nous (H. D.) au même niveau stratigraphique situé à 2 m 45 de profondeur. Les échantillons 1 et 4 proviennent respectivement de la paroi Sud (n° 1) et de la paroi Nord (n° 4); les échantillons 2 et 3 occupent une position intermédiaire; leur coloration variable (noire, brun, rouge et ocre) est, vraisemblablement, due à l'action d'une eau plus ou moins stagnante.

Palynologie. — L'examen a porté sur la fraction fine des prélèvements, séparée des parties grossières par décantation.

L'échantillon 1 est palynologiquement pauvre (un pollen de Pin et une spore réniforme type *Athyrium* comptés dans une préparation).

(*) Séance du 16 juillet 1951.

L'échantillon 2 s'est montré tout aussi pauvre en pollens (un pollen de Pin et un pollen de Graminée comptés dans une préparation). Par contre, il est très riche en débris ligneux. Les trachéides, pourvues de ponctuations circulaires unisériées, indiquent un bois de Conifère dont l'état de fragmentation extrême rend une détermination générique difficile.

L'échantillon 3 est moins riche en débris ligneux de Conifère; il renferme, par contre, des filaments mycéliens, ainsi que des spores de Champignons. Nous avons décelé un pollen de Pin dans la préparation examinée.

L'échantillon 4 s'est révélé le plus intéressant. Il renferme des débris ligneux de même nature que ceux des prélèvements 2 et 3. Les pollens y sont, à la fois, plus nombreux et plus variés, car il nous a été possible d'établir le spectre pollinique ci-dessous basé sur une fréquence de 109 pollens, y compris ceux du Noisetier :

Betula	10 %	
Pinus	26	
Abies	23,5	
Alnus	3,5	
Quercus (6 %)		
Tilia (24 %)	37 % (chênaie mixte).	
Ulmus (7 %)		
Corylus	34,5	

Nous y avons, en outre, reconnu des pollens de Graminées dont deux ayant un diamètre de 40,6 μ, avec spore pourvue d'une forte collerette (pollen de Céréale ?), un pollen de Plantain, ainsi que des spores de Fougères (Polypodiacées et *Athyrium*).

Le spectre mis en évidence traduit une histoire forestière caractérisée par la Chênaie mixte avec Pin, Sapin et Coudrier; il correspond climatologiquement à la période atlantique. Actuellement, la région est occupée par la Hêtraie.

Conclusion. — Les résultats palynologiques obtenus donnent lieu aux remarques suivantes :

1° Le niveau des prélèvements est tardenoisien (partie supérieure du tardenoisien II); ce niveau qui se situe normalement aux débuts de la Chênaie mixte, semble occuper ici une position stratigraphique plus élevée; il correspond à une fraction plus évoluée de cette phase dans laquelle un développement appréciable du Sapin annonce déjà la Fagabiétaie.

2° La richesse en pollens du matériau de remplissage dépend de l'orientation de l'ouverture de l'abri; la partie du dépôt située au voisinage de la paroi Nord a recueilli les pollens amenés par des vents qui se sont heurtés à cette paroi (vents vraisemblablement de provenance Sud-Est). Par contre, la fraction du dépôt d'où proviennent les échantillons 1-3, abritée par la paroi Sud, s'est montrée palynologiquement stérile.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge crétacé du flysch de la bordure méridionale de la chaîne du Djurdjura et de son prolongement occidental.* Note de MM. **Jacques Flandrin** et **Louis Duplan**, transmise par M. Charles Jacob.

Le flysch dit albo-aptien qui borde le Djurdjura s. l. vers le Sud renferme des horizons à Rosalines qui permettent de l'attribuer, au moins pour une large part, au Sénonien. Par contre, des observations récentes nous l'ont montré nettement distinct de l'Oligocène qui le surmonte en transgression.

Une excursion commune, faite quelques jours après la présentation de la Note de l'un de nous sur le flysch dit albo-aptien de la bordure méridionale de la chaîne calcaire kabyle ([1]), nous conduit à modifier sensiblement les conclusions de cette publication. Si la présence de Rosalines indique que ce flysch doit être rapporté pour une large part au Crétacé supérieur, il n'est pas possible, par contre, de le rattacher à l'Oligocène, qui appartient à un cycle sédimentaire distinct et le surmonte toujours en nette transgression.

A Tala Rana, nous venons de constater que, sur le flanc Sud du grand anticlinal de Lalla Khedidja, les schistes et quarzites du flysch crétacé reposent directement sur les calcaires du Lias supérieur. Ils sont surmontés à leur tour, en complète transgression et discordance, par les conglomérats, calcaires bréchiques et marnes sableuses de l'Oligocène qui affectent une position synclinale. La coupe la plus nette s'observe à 1500 m à l'Ouest de Tala Rana, dans le ravin qui descend entre les poins 1870 et 2058. De part et d'autre de ce ravin, le synclinal oligocène transgresse par son flanc Nord le flysch crétacé et vient reposer directement sur les calcaires liasiques. Sur le flanc Sud du synclinal, l'Oligocène surmonte de façon continue le Crétacé : c'est cette disposition que l'on observe le long de la route de Maillot à Tizi n' Kouilal.

A Selloum, l'« interstratification » du flysch crétacé et de l'Oligocène n'est qu'apparente. En réalité les deux terrains butent par faille l'un contre l'autre, au voisinage du lambeau de Lias extrusif de Selloum, mais se superposent normalement l'un à l'autre dès qu'on s'éloigne de cet accident tectonique.

A Tirourda, les conglomérats, brèches calcaires et marnes sableuses de l'Oligocène reposent transgressivement sur le flysch crétacé. Le caractère transgressif du Nummulitique supérieur est d'ailleurs souligné par la présence, dans les bancs de conglomérats, de galets quartzites crétacés.

Dans l'Oued Adjiba et à Thiers, enfin, le flysch crétacé à Orbitolines et à Rosalines surmonte bien l'Oligocène à Lépidocyclines, mais cette superposition est purement tectonique et ne s'observe que sur de courtes distances.

Il convient donc de maintenir, sur toute la bordure méridionale de la chaîne calcaire du Djurdjura s. l., la distinction entre les dépôts crétacés à facies flysch et les sédiments oligocènes, plus ou moins grossièrement détritiques, qui les surmontent en transgression.

Par contre, la découverte, signalée dans la Note précitée, d'horizons

---

([1]) L. Duplan, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 70.

à Rosalines en différents points du flysch dit albo-aptien de cette zone conduit à attribuer avec certitude une large part de ce flysch au Sénonien. Elle confirme et étend de façon très importante les observations que l'un de nous avait faites dans la région de Tacca (²). Le problème demeure toutefois de déterminer l'importance exacte de cette part et d'établir une stratigraphie précise de ce flysch.

L'ancien flysch dit albo-aptien correspond-il à une série compréhensive englobant la totalité du Crétacé inférieur et supérieur? Doit-il être considéré comme constitué de deux termes séparés par une lacune : Crétacé inférieur à la base, caractérisé par les Orbitolines, et Sénonien transgressif à Rosalines au sommet? Peut-on enfin l'attribuer entièrement au Sénonien, en admettant le remaniement des Orbitolines qu'il renferme, celles-ci étant toujours sporadiques et localisées dans des niveaux bréchiques ou finement conglomératiques?

L'état actuel de nos connaissances ne permet pas encore de choisir entre ces différentes hypothèses. En posant à nouveau le problème, nous souhaitons qu'il puisse être abordé et résolu dans un proche avenir.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur un effet directif des compteurs de Geiger-Müller*. Note (*) de M. **Anatole Rogozinski**, transmise par M. Alexandre Dauvillier.

Le front de l'impulsion fournie par un compteur G.-M. est d'autant plus raide que la trajectoire de la particule qui décharge le compteur forme un angle plus faible avec son axe. Un circuit qui sélectionne uniquement les fronts les plus raides, n'enregistre que les particules se propageant parallèlement à l'axe du compteur.

1. On peut distinguer essentiellement trois phases dans le phénomène de la décharge d'un compteur :

La première est la phase de latence dont la durée, qui peut atteindre quelques 10^{-7} s, varie avec la distance comprise entre le fil du compteur et la trajectoire de la particule ionisante.

La seconde phase est celle du développement de la décharge, qui se propage le long du fil avec une vitesse de l'ordre de 5.10^6 cm.s^{-1} (¹). Pour une trajectoire *transversale*, perpendiculaire au fil, la durée de cette phase est maximum et croît avec la longueur L du fil, tandis que pour une trajectoire *longitudinale*, parallèle au fil, elle est quasi-instantanée et

---

(²) J. Flandrin, *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 2e série, n° 19, Alger, 1948, p. 241.

(*) Séance du 23 juillet 1951.

(¹) F. Alder, E. Baldinger, P. Huber et F. Metzger, *Helv. Phys. Acta*, 20, 1947, p. 73. *Voir* aussi : S. C. Curran et J. D. Craggs, *Counting Tubes*, Butterworths Scientific Publications, London, 1949; D. H. Wilkinson, *Ionisation Chambers and Counters*, Cambridge University Press, 1950.

pratiquement indépendante de L; dans le dernier cas, elle est d'ailleurs d'autant plus brève que l'espacement moyen des paires d'ions, créées par la particule le long de sa trajectoire au sein du gaz qui emplit le compteur, est plus réduit. La valeur p de la pente initiale de l'impulsion correspondante est faible dans le premier cas et beaucoup plus forte dans le second. Pour des inclinaisons φ intermédiaires, la pente varie d'une façon continue entre ces deux limites et la valeur de p peut ainsi servir de critère de discrimination entre les particules ionisantes formant des angles différents avec l'axe du compteur. Notons que, contrairement au cas des compteurs à perles ([2]), les amplitudes des impulsions ont ici la même valeur, quelle que soit l'inclinaison φ.

La troisième phase est celle du balayage des ions positifs dont le mouvement relativement lent vers la cathode est la cause principale du temps mort du compteur.

2. La valeur de p peut être déduite de l'amplitude du signal obtenu en différentiant l'impulsion d'une façon appropriée. Un discriminateur d'amplitude, qui ne laisserait passer ensuite que des signaux d'amplitude voisine de leur maximum, sélectionnerait uniquement des particules se propageant suivant une direction sensiblement parallèle à l'axe du compteur, devenu ainsi directif.

Par ailleurs, un compteur fonctionnant en régime directif, ou, plus précisément, l'ensemble formé par un tel compteur et par le circuit directif associé, devrait être pratiquement insensible à un rayonnement gamma, qui ne produit qu'exceptionnellement un électron à trajectoire longitudinale.

3. L'expérience a entièrement confirmé ces prévisions. Les essais ont été effectués en plein air sous une tente à l'aide d'un compteur du type métallique à paroi en laiton (diamètre intérieur 48 mm, longueur utile 50 cm) et d'un amplificateur rapide à deux étages, comprenant un discriminateur d'amplitude, le tout suivi d'une échelle de 100; la constante de temps du circuit d'entrée de l'amplificateur était de 5.10^{-8} s environ.

Les premiers résultats obtenus sont résumés dans le Tableau, qui donne les valeurs f_V et f_H de la fréquence des impulsions du compteur, placé respectivement dans la position verticale et horizontale ([3]), en fonction de la tension de discrimination E du second étage de l'amplificateur.

Pour de faibles valeurs de E, on retrouve les taux de comptage en régime de Geiger-Müller usuel du compteur. L'effet de directivité devient très

---

([2]) H. G. Stever, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 765 et 61, 1942, p. 38; S. C. Curran et E. R. Rae, *Journ. Scient. Instr.*, 24, 1947, p. 233.

([3]) Un compteur directif horizontal présente un mouvement propre très réduit et pourrait être utilisé avec avantage dans des expériences portant sur des sources canalisées de faible intensité.

prononcé pour des valeurs de E correspondant aux grandes amplitudes des signaux. D'autre part, l'insensibilité au rayonnement gamma du compteur fonctionnant en régime directif est bien illustrée par les valeurs f_γ de la fréquence observée en irradiant un compteur vertical par une faible source de Ra.

Une autre confirmation de la propriété décrite de directivité est le fait que la fréquence des impulsions à front très raide du compteur, en fonction de l'angle au zénith θ de son axe, suit sensiblement la loi en $\cos^2\theta$ de la distribution zénithale de la fréquence du rayonnement cosmique.

Comme on pouvait s'y attendre, en trouve que l'effet directif est d'autant plus marqué que la surtension, maintenue aux bornes du compteur, est plus réduite.

Des expériences sont en cours pour déterminer dans quelle mesure un compteur fonctionnant en régime directif peut être déclenché par une gerbe de densité donnée dont l'effet se rapproche de celui d'une particule longitudinale.

E(volts).......	0.	2.	4.	5.	6.	7.	7,5.	7,8.	8.
f_V (imp. mn^{-1})...	420	420	420	100	11	2,8	1,8	1,8	0
f_H » ...	520	520	520	20	1,5	0,1	0,09	0,04	0
f_γ » ...	1200	1200	1200	200	20	3	1,8	1,8	0

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'influence de la printanisation sur les lipides de la plantule et de l'albumen de la semence de Blé.* Note (*) de M. **Roger David**, transmise par M. Henri Devaux.

Des recherches cytologiques ([1]) on montré que la printanisation semble provoquer dans la plantule une diminution de la quantité des substances lipidiques. Mais seule, une étude chimique pouvait donner des indications quantitatives précises.

Nous avons donc étudié, après avoir séparé albumens et plantules, les modifications subies par les lipides de chaque partie de la semence au cours du traitement à basse température (+ 2°C) et pendant une germination normale (25°).

Le tableau ci-contre donne seulement les résultats obtenus dans une série de dosages relatifs aux plantules.

Mais nous pouvons déduire de l'ensemble de nos recherches les remarques suivantes :

Lipides totaux. — Au cours de la croissance des plantules témoins et prin-

---

(*) Séance du 23 juillet 1951.

([1]) R. David, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 146; *Journ. Rech. Labor. Bellevue* (*C. N. R. S.*), n° 2, 1947, p. 86.

tanisées, la quantité des lipides s'accroît légèrement, mais diminue nettement en fin de traitement chez les printanisées. Pour les albumens, cette quantité diminue progressivement, plus rapidement en apparence chez les sujets printanisés. A égalité de taille des plantules, il y a toujours moins de lipides chez les plantules et les albumens des sujets printanisés.

Acides gras. — Les variations observées sont analogues à celles des lipides totaux.

Indice d'acide. — On note une augmentation progressive de cet indice pendant la croissance des plantules témoins, puis une diminution à la fin de la germination. Ces variations traduisent une augmentation, puis une diminution de la quantité des acides libres. On observe un phénomène analogue chez les sujets printanisés. Pour les albumens des témoins, l'indice s'abaisse d'abord puis se maintient sensiblement constant. Au contraire il s'élève chez les printanisés. A égalité de taille, l'indice, d'abord supérieur chez les plantules printanisées, devient ensuite comparable à celui des témoins, il est supérieur chez les albumens printanisés.

Caractéristiques des semences.			Poids pour 100 semences (mg)			Indices		
Longueur du coléoptile (mm).	Poids secs de 100 plantules (g).	Durée de germination ou de traitement (jours).	des lipides totaux.	des acides gras totaux.	de l'insaponifiable.	d'acide des lipides totaux.	de saponification des lipides totaux.	d'iode des lipides.
			I. *Plantules des semences témoins.*					
1	0,1748	1	43	38,7	–	15,4	174	93
2,1	0,3220	2	46	32,2	1,4	17,3	180,2	111
3	0,3180	2	49	32	1,8	39,6	179,4	–
4	0,3230	2	47	30	2,2	–	178,9	101
3,7	0,3210	3	53,7	31,2	1,8	–	188,3	–
6	0,3555	3	51	34	4,7	43	201,1	–
9	0,4725	3	64	42	6,7	31,7	205,8	79
			II. *Plantules des semences printanisées.*					
1	0,2095	9	41,9	35	–	32,4	185	105
3	0,3510	30	35	22	–	36,7	186	89
4	0,5165	38	32,8	28	2,6	37,8	184,7	89
4	0,5150	40	35	22	3	38,9	–	–
4,9	0,5925	30	41	29	2,8	38,1	186,8	–
5	0,5770	58	43	28	4,1	40	190,4	–
6,8	0,6180	57	49	30	–	42,3	212,1	–
8,6	0,5905	63	30	21	–	–	–	77
9,3	–	66	28	19	7,1	31,4	208,4	–

Indice de saponification. — Au cours de la croissance des plantules printanisées et témoins, l'indice de saponification augmente progressivement (cet accroissement indique une fragmentation des molécules). Il en est de même pour les albumens. A égalité de taille, l'indice est supérieur chez les plantules

printanisées au début du traitement, il est par la suite, peu différent de celui des témoins. Au contraire, il est toujours supérieur pour les albumens des sujets printanisés.

Indice d'iode des lipides. — On note, au cours de la croissance des plantules témoins, une augmentation initiale de l'indice suivie d'une diminution. Chez les printanisées, la diminution est plus accusée. Pour les albumens témoins on constate un phénomène analogue, mais une chute de l'indice beaucoup plus forte à la fin de la germination. Au contraire, chez les albumens des semences printanisées, la chute est très nette au début du traitement, puis l'indice ne varie guère par la suite. A égalité de taille, les plantules printanisées ont un indice d'iode inférieur à celui des témoins (sauf pour des plantules de 1 mm environ de longueur). Chez les albumens (sauf chez les semences dont les plantules mesurent moins de 1,5 mm et plus de 8 mm), on retrouve cette différence, plus accentuée encore.

Insaponifiable. — La quantité d'insaponifiable s'accroît chez les plantules printanisées et témoins, mais demeure sensiblement constante chez les albumens. A égalité de taille, pour les plantules et les albumens, la quantité d'insaponifiable est très légèrement supérieure chez les sujets printanisés.

En résumé, pour le Blé Vilmorin 27, *les phénomènes de lipolyse sont plus accentués chez les plantules et les albumens des semences printanisées que chez les témoins. Cette différence est nettement plus grande pour les albumens.*

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la culture du gamétophyte de Sélaginelle.* Note de MM. **Ralph Wetmore** et **Georges Morel**, présentée par M. Roger Heim.

On sait que, contrairement à ce qui se produit pour la plupart des Cryptogames vasculaires, le gamétophyte de Sélaginelle se développe très peu dans les conditions normales. Dans le prothalle mâle la partie végétative est réduite à une seule cellule, la cellule prothallienne. Le prothalle femelle est également très réduit; après germination de la mégaspore, il reste enchassé dans cette dernière; quelques rangées de cellules se recloisonnent à la partie supérieure, libre; puis les archégones et quelques rhizoïdes se différencient et ce tissu, qui n'est pas chlorophyllien, meurt rapidement, que la fécondation ait eu lieu ou non.

Nous avons recherché s'il ne serait pas possible de le faire se développer artificiellement d'une manière comparable à celui des autres Cryptogames vasculaires, en le cultivant sur un milieu approprié.

Pour cela, des mégaspores de *Selaginella pallescens* (Presl.) Spring (= *S. emmeliana* Van Geert) et de *S. flabellata* Spring ont été soigneusement lavées avec une solution de saponine à 1/1000 pour les débarrasser des microspores, puis stérilisées à l'hypochlorite de calcium et ensemencées

sur l'une des solutions imaginées par Knudson (¹) au cours de ses recherches sur la culture des embryons d'Orchidées. Cette solution avait été additionnée de 2 % de glucose et solidifiée par 0,9 % de gélose. Sur ce milieu, les spores ont commencé à germer au bout d'un mois environ et leur surface libre s'est couverte de rhizoïdes, tandis que se différenciaient, à la partie supérieure, des archégones normaux. Mais, au lieu de s'arrêter à se stade, comme cela a lieu dans les conditions naturelles, leur croissance s'est poursuivie pendant cinq à six mois, au cours desquels elles se sont transformées en petits globules d'environ 5 mm de diamètre; le développement s'est alors ralenti et les tissus se sont nécrosés rapidement.

Nous avons essayé d'obtenir un meilleur développement en recommençant l'expérience sur le même milieu, auquel nous avions ajouté des doses variables d'extrait de levure, ou de malt, ou de lait de noix de coco, ou encore un mélange de vitamines du groupe B. Le milieu qui nous a paru le plus favorable est celui qui renfermait ces vitamines aux concentrations suivantes : thiamine 10^{-6}, inositol 10^{-4}, pyridoxine 10^{-6}, pantothénate de calcium 10^{-6}, acide nicotinique 10^{-6}, biotine 10^{-8}. Sur ce milieu, le développement des tissus du gamétophyte ne s'est pas arrêté; au bout de six mois nous avons obtenu des masses globuleuses d'environ 1 cm de diamètre, d'aspect oolithique, de consistance ferme.

Nous les avons alors repiquées en fractionnant chaque colonie en deux ou trois fragments que nous continuons à entretenir depuis deux ans par des repiquages réguliers effectués tous les trois mois.

Nous avons constaté que ces prothalles perdent rapidement toute organisation; les rhizoïdes et les archégones qui se forment au moment de la germination disparaissent et il ne reste plus qu'une masse de parenchyme incolore entièrement indifférenciée, analogue aux colonies de tissus des plantes supérieures cultivées *in vitro*.

Signalons que ces tissus paraissent être insensibles aux effets excitoformateurs de l'acide naphtylacétique.

Nous pensons avoir ainsi obtenu la culture indéfinie des tissus de gamétophytes femelles de Sélaginelle.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la δ-yohimbine.* Note (*) de MM. **Raymond-Hamet** et **Robert Goutarel**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Dans la description qu'il a récemment donnée des caractères d'un nouvel alcaloïde, la mayumbine, l'un de nous (¹) a fait savoir que certains

(¹) *Bot. Gaz.*, 73, 1922, p. 1.

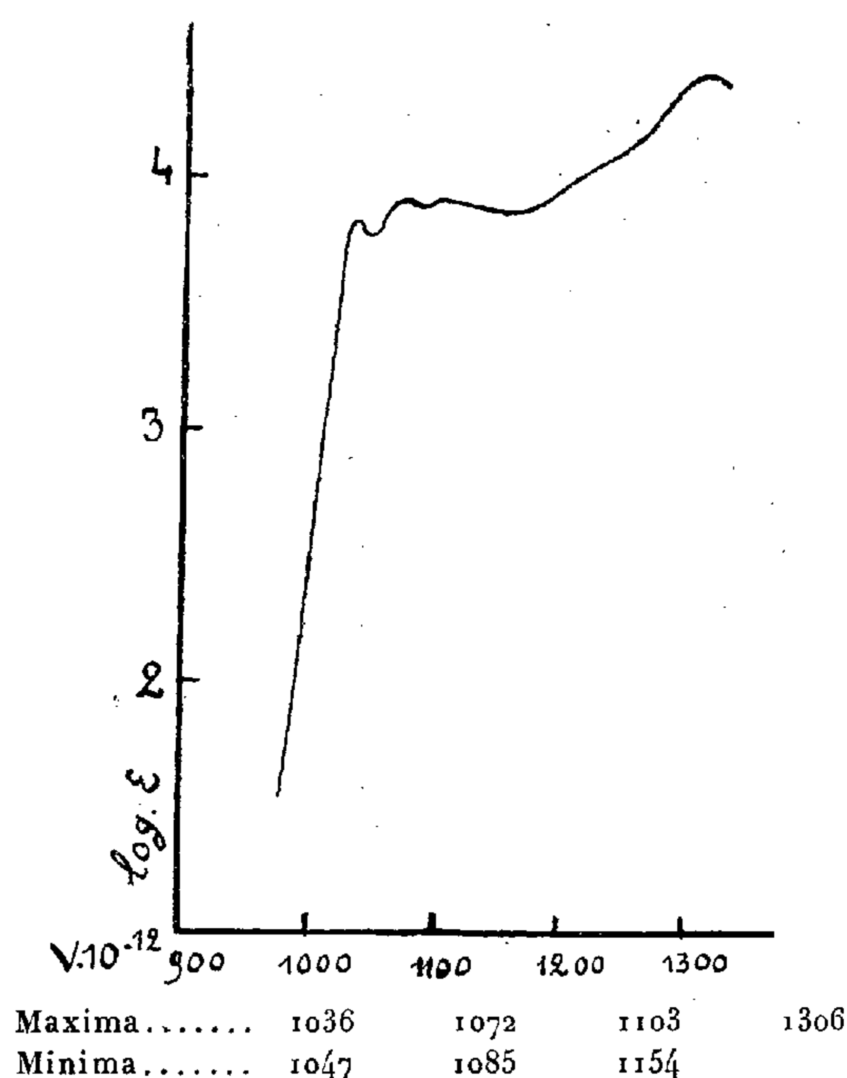
(*) Séance du 23 juillet 1951.

(¹) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2354.

de ces caractères sont communs à cette base et à la δ-yohimbine de Heinemann [2] que cet auteur et tous ceux qui en ont traité après lui [3] ont tenu pour un stéréo-isomère de la yohimbine.

Le Docteur H. Heinemann ayant envoyé jadis à l'un de nous un échantillon original de chlorhydrate de δ-yohimbine, échantillon qui est aujourd'hui d'autant plus précieux que la guerre a détruit tout ce que ce chimiste possédait encore de cette très rare substance [4], il nous a paru nécessaire d'en étudier le spectre d'absorption U. V.

Comme on peut le constater par la courbe que nous reproduisons ici, le spectre d'absorption U. V. du chlorhydrate de δ-yohimbine est nettement différent de ceux du chlorhydrate de yohimbine, mais est pratique-



Maxima.......	1036	1072	1103	1306
Minima.......	1047	1085	1154	

ment identique à ceux des chlorhydrates de mayumbine [1] et de corynanthéine [5]. On en peut conclure avec certitude que la δ-yohimbine n'est pas un stéréo-isomère de la yohimbine.

Pour savoir s'il faut rapprocher la δ-yohimbine de la corynanthéine di-méthoxylée ou de la mayumbine mono-méthoxylée, nous avons utilisé la méthode de Zeisel et constaté qu'elle attribue au chlorhydrate de

---

(2) *Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch.*, **67**, 1934, p. 17-18 et 21.

(3) En particulier, B. Witkop, *Liebig's Ann. d. Chemie*, **554**, 1943, p. 91.

(4) Lettre du Docteur H. Heinemann du 1er août 1950.

(5) MM. Janot et R. Goutarel, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 360.

δ-yohimbine une teneur en OCH_3 de 8,22 %, ce qui correspond à la présence d'un seul groupe méthoxyle dans la molécule de ce chlorhydrate.

La δ-yohimbine appartient donc au même type chimique que la mayumbine; elle s'en distingue cependant facilement, notamment par son pouvoir rotatoire qui est dans la pyridine de — 50° au lieu de + 68° et par celui de son chlorhydrate qui est dans le méthanol de — 18°,5 et non de +96° [6].

Les valeurs microanalytiques obtenues avec la mayumbine (C 71,38 %; H 6,98 %; N 7,87 %) et la δ-yohimbine (C 71,96 %; N 7,04 %; N 7,92 %) s'accordent avec la formule $C_{21}H_{24}N_2O_3$ (C 71,56 %; H 6,86 %; N 7,95 %) et font donc de ces deux bases des isomères de la tétrahydro-alstonine qui a été obtenue par Sharp [7] et qui est, elle aussi, mono-méthoxylée [8].

MYCOLOGIE. — *Sur le déterminisme du développement* in vitro *de* Sporotrichum schencki *sous la forme levure*. Note (*) de MM. **Édouard Drouhet** et **François Mariat**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La forme levure de *Sporotrichum schencki* qu'on ne trouve habituellement que dans les tissus animaux et humains ou *in vitro* sur des milieux à base d'organes ou de sang, peut être obtenue dans un milieu liquide de composition connue, contenant des acides aminés, de la pyrimidine et de la biotine et agité à 37° C.

Les *Sporotrichum* sont des champignons pathogènes dimorphiques. Présentant à l'état saprophytique des filaments et des conidies (phase mycélienne), ils prennent, au cours de leur vie parasitaire dans les tissus humains ou animaux, une forme simple, levuriforme. *In vitro*, de Beurmann et Gougerot [1] ont obtenu la forme levure de ces champignons, qu'ils appelaient « forme courte, oblongue, ovoïde », sur un milieu glucosé, gélosé, couvert d'une épaisse couche de pus. Des résultats semblables ont été obtenus par Davis (1913) sur un milieu au sang, couvert d'une couche d'huile de paraffine. Divers auteurs [2] ont obtenu la forme levure sur des milieux complexes à base d'organes animaux et contenant presque toujours du sang. Un milieu semi-solide à base de peptones, destiné à la culture de la phase levure d'*Histoplasma*

---

(6) Les pouvoirs rotatoires que l'un de nous avait indiqués dans sa précédente Communication (*Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2354) s'appliquaient au chlorhydrate qu'il avait isolé en 1941 d'une très petite quantité (125 g.) d'écorces de *Pseudocinchona mayumbensis* ainsi qu'à la base correspondante (*cf.* Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 305).

(7) *Journ. of the chem. Soc.*, 1938, p. 1353.

(8) L'étude chimiqne de la δ-yohimbine sera poursuivie dans le laboratoire de M. M. Janot par l'un de nous et son collaborateur Le Hir.

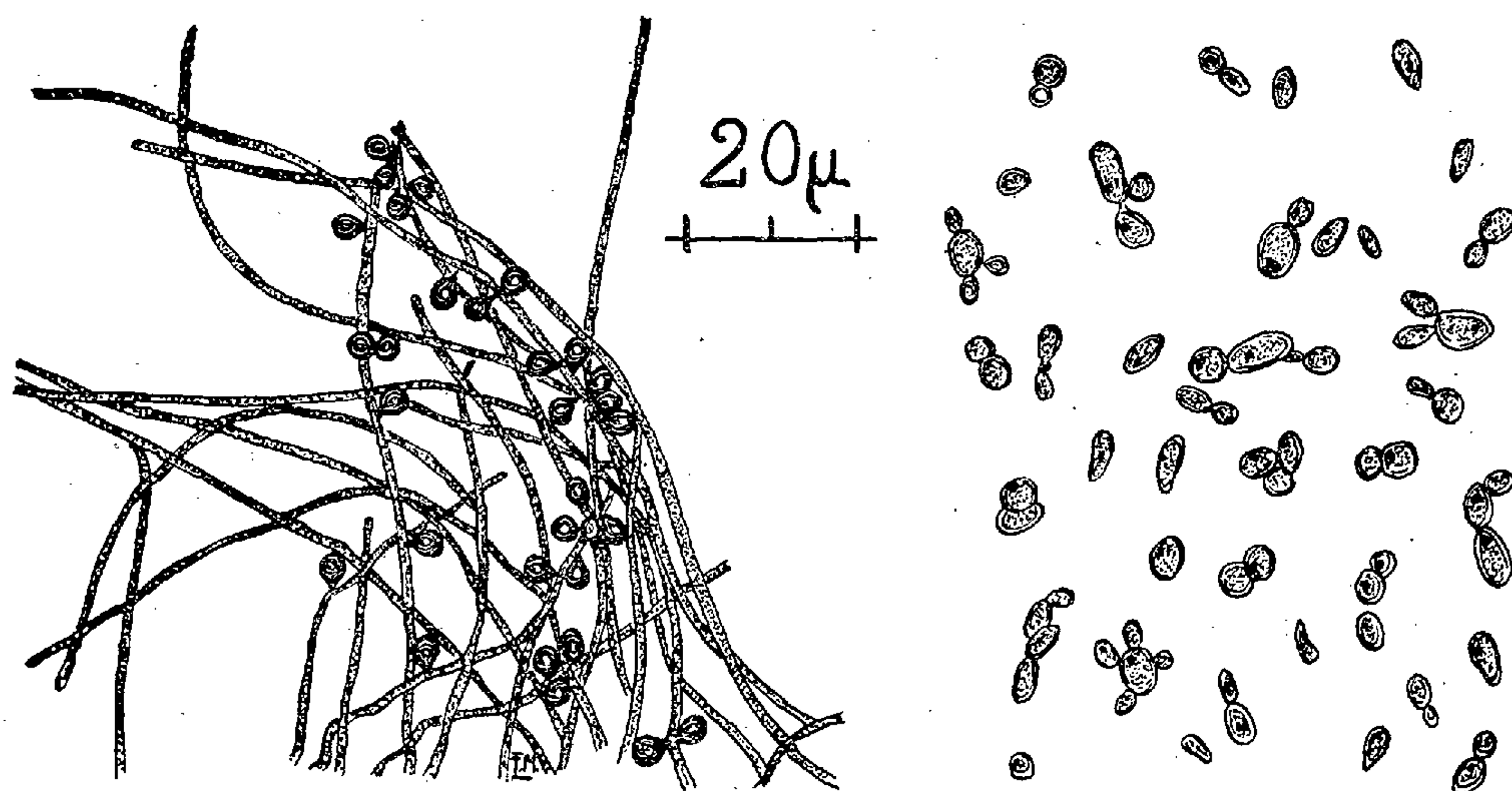
(*) Séance du 16 juillet 1951.

(1) *Les Sporotrichoses*, Paris, 1912.

(2) Å. Nordén, *Acta pathol. microb. scand., Suppl.*, **89**, 1951.

capsulatum, a été utilisé avec succès par Salvin ([3]) pour l'obtention de la forme levure de *Sporotrichum*.

Dans la présente Note, nous décrivons un milieu simple et les conditions permettant d'obtenir la phase levure pour, en particulier, les deux souches de *Sporotrichum schencki* que nous avons étudiées. Le milieu mis au point a la composition suivante : hydrolysat de caséine exempt de vitamines, 10 g; glucose, 3 g; phosphate disodique, 1,65 g; phosphate monopotassique, 0,55 g; chlorure de potassium, 2,50 g; solution d'oligoéléments de Berthelot, X gouttes; méthyl-2 amino-4 aminométhyl-5 pyrimidine, 1.10^{-6}; biotine, 1.10^{-8}; eau bidistillée, 1000 cm^3. Le milieu réparti en fioles d'Erlenmeyer de 125 cm^3, à raison de 10 cm^3 par fiole, est ensemencé à l'aide, soit d'une suspension de



A gauche : forme filamenteuse de *Sporotrichum schencki*.
A droite : forme levure du même organisme obtenue dans les conditions décrites dans le texte.

conidies provenant de cultures filamenteuses sur gélose Sabouraud, soit d'une suspension de formes levures provenant de cultures sur un milieu cerveau-cœur-sang gélosé. Les cultures sont portées à l'étuve à 37° C où elles subissent une agitation de 100 secousses par minute. Dans ces conditions, on obtient après deux jours d'incubation, une culture abondante contenant la seule phase levuriforme du champignon, à l'exclusion de formes mycéliennes. La phase levure se maintient dans ce milieu au cours de repiquages successifs. Les conidies de *Sporotrichum* germent et donnent des formes levures, rondes ou allongées, bourgeonnantes (*figure*). Le bourgeonnement peut être multiple.

Si l'on substitue à l'hydrolysat de caséine une autre source azotée, par exemple l'asparagine, le sulfate ou le nitrate d'ammonium (0,3 %) dans les mêmes conditions de température et d'agitation du milieu, on n'obtient plus

([3]) *Journ. Bacteriol.*, 54, 1947, p. 655 et *Journal invest. dermat.*, 9, 1947, p. 315.

la forme levure mais la forme filamenteuse avec des conidies. On peut parfois trouver encore de rares éléments levuriformes.

Si l'on supprime la biotine qui favorise la croissance des *Sporotrichum*, en présence de la pyrimidine de l'aneurine, facteur essentiel de croissance pour ces champignons ([4]), on obtient un développement plus lent de la culture et une légère tendance à la filamentation.

Si l'on fait varier le pH entre 5 et 8, on constate que l'optimum de production de formes levures est à pH 7,1.

La température élevée (28 à 37° C) ainsi que l'agitation du milieu sont également nécessaires à la formation des éléments levuriformes. A température ordinaire, une culture agitée produit la forme mycélienne. Il en est de même d'une culture non agitée, même à 37°. Des essais pour l'obtention de la phase levure sur le milieu mentionné plus haut, mais solidifié par de la gélose ont été jusqu'à présent infructueux.

Certains auteurs ([5]) interprètent, chez d'autres champignons pathogènes (*Blastomyces dermatitidis*), la formation des éléments filamenteux à partir des éléments levuriformes, comme le résultat d'une inhibition sélective de la division cellulaire, sans qu'il y ait inhibition de la croissance même. Mais, tandis que chez *B. dermatitidis* la morphogénèse est uniquement liée à la température (la température de 37° C étant nécessaire à l'obtention de la phase levure de ce champignon), chez les *Sporotrichum* la formation des éléments levuriformes exige en plus, au moins certains des acides aminés de l'hydrolysat de caséine comme source azotée, des vitamines ainsi que les conditions spéciales remplies par l'agitation du milieu.

CYTOLOGIE. — *Le caryotype d'*Acanthochites discrepans *Brown.* Note (*) de Mlle **Philomène Certain**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les Mollusques Amphineures n'ont, à notre connaissance, fait l'objet d'aucune étude caryologique; pour ce motif, nous nous sommes proposé d'établir le caryotype d'une espèce commune sur les côtes de la Manche : *Acanthochites discrepans* Brown.

Par suite de l'état avancé de l'évolution ovogoniale des individus femelles en notre possession, seule la lignée germinale mâle a pu être suivie; ce sont donc les figures mitotiques spermatogoniales qui nous ont permis l'établissement de cette formule chromosomiale. La technique employée fut celle de l'acéto-carmin.

(4) E. Drouhet et F. Mariat, *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 306.

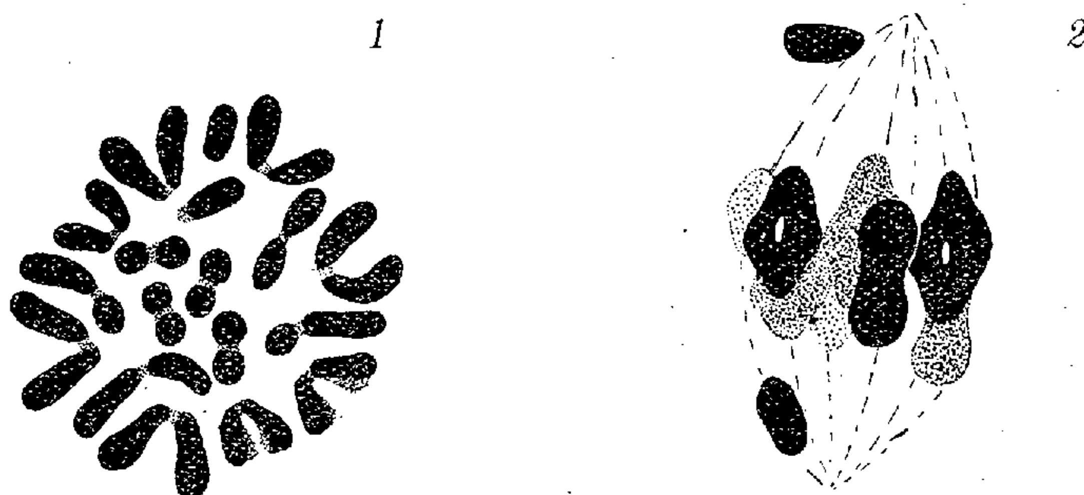
(5) W. J. Nickerson et G. A. Edwards, *Journ. gen. Physiol.*, 33, 1950, p. 41.

(*) Séance du 23 juillet 1951.

L'observation des métaphases spermatogoniales montre que la garniture diploïde est composée de 18 éléments ainsi répartis :

Sept paires appartenant au type métacentrique isobrachial et se groupant en trois tailles différentes :

Trois paires de grands chromosomes, deux paires de petits chromosomes, deux paires de taille intermédiaire, puis, une paire appartenant au type métacentrique hétérobrachial, et enfin une paire qui semble acrocentrique, de longueur égale à celle d'un des bras des V de taille moyenne.



Acanthochites discrepans Brown — Lignée mâle.
1. Plaque métaphasique spermatogoniale.
2. Métaphase I de profil; les associés de la petite paire ont commencé leur migration (× 2400)

Cette espèce ne constitue pas un très bon matériel pour l'étude de la méïose. Cependant on peut constater qu'à la fin du grand accroissement, aux stades les plus précoces de la prophase méïotique, les chromosomes appariés se manifestent sous l'aspect de longs filaments variqueux et barbelés, réunis à une masse chromocentrique, irrégulière, étalée sur le nucléole. Certains amas hétérochromatiques mieux définis suggèrent l'existence de bras entièrement hétérochromatiques.

Les stades prophasiques ultérieurs sont peu analysables et aucune image d'ensemble ne peut être donnée. De la comparaison de nombreux noyaux pachyténiques on doit cependant pouvoir conclure que tous les bivalents, à l'exception de la plus petite paire, portent des chiasmata subterminaux.

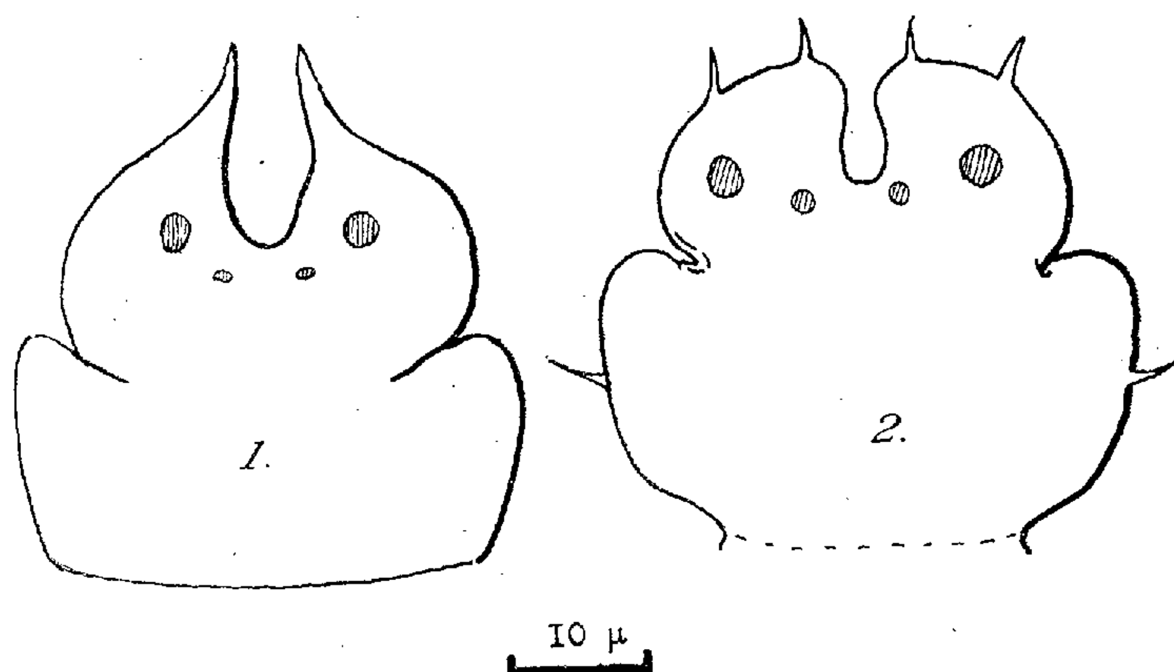
En métaphase I, le nucléole a totalement disparu, contrairement à ce que nous avions observé chez les Mollusques Basommatophores ([1]); les tétrades sont tassées à l'équateur d'un fuseau aigu, et dès cette mise au fuseau les associés de la petite paire se disjoignent et migrent. On les retrouve souvent à mi-chemin des pôles, alors que les autres tétrades, non déformées, sont encore à l'équateur. A notre avis, cette précession très nette et exclusivement méïotique, ne doit pas faire considérer les éléments de cette

([1]) J. LE CALVEZ et P. CERTAIN, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 794.

paire comme étant des homologues d'un couple d'hétérochromosomes. On peut plus simplement imaginer que l'appariement y est moins intense à cause de l'absence de chiasmata, et que les forces ascensionnelles déclenchent une migration immédiate. Seule la comparaison des caryotypes mâle et femelle pourrait décider de l'existence ou de l'absence d'hétérogamétie chez les Chitons.

ZOOLOGIE. — *Présence de l'ordre des* Mystacocarida *Pennak et Zinn dans le sable des plages du Roussillon :* Derocheilocaris remanei *n. sp.* Note (*) de MM. **Claude Delamare Deboutteville** et **Pierre A. Chappuis**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les premiers représentants de l'ordre des *Mystacocarida* Pennak et Zinn furent découverts en 1939 dans le sable des plages du Massachusetts et du Connecticut. Leur découverte ([1]) ne fut pas sans susciter beaucoup



1. *Derocheilocaris typicus* Pennak et Zinn, plaque rostrale, d'après un cotype.
2. *Derocheilocaris remanei* n. sp., plaque rostrale, à la même échelle.

d'intérêt parmi les carcinologistes en raison des caractères très aberrants, à la fois primitifs et spécialisés, de ce groupe étrange. Le soma est divisé en quatre tagmes : un céphalosome, un postcéphalosome, un thorax et un abdomen. La région antérieure de la tête, probablement en grande partie acronale, est distincte de l'ensemble de la tête sous laquelle s'insèrent les antennules, les antennes, les mandibules, les maxilles et les maxillules. Cette région fut nommée *plaque rostrale* par Pennak et Zinn. Le segment des maxillipèdes est complètement séparé de la tête. Un thorax de quatre segments lui fait suite, portant quatre paires de pattes unisegmentées. L'abdomen comporte six segments et se termine par deux

(*) Séance du 23 juillet 1951.

([1]) Pennak et Zinn, *Smith. Misc. Coll.*, 103, 1943, n° 9, p. 1-11, 2 pl.

branches furcales de structure complexe. Sur la tête, sur le segment des maxillipèdes et sur tous les segments suivants, à l'exception du dernier segment abdominal, existent des sillons où débouchent probablement des glandes segmentaires. L'orifice génital, caractère très remarquable, est placé sous le premier segment thoracique.

Par l'ensemble de ses caractères, l'ordre des *Mystacocarida* est isolé dans l'ensemble des Crustacés et il n'est pas exclu que l'on doive créer pour lui une sous-classe nouvelle.

Depuis plus de deux ans, Angelier et Delamare, tenant pour très probable la présence des Mystacocarides dans le psammon de l'Ancien Monde, les recherchèrent, toujours en vain, dans le sable des plages des Pyrénées-Orientales. Le Professeur Remane, de Kiel, chargé de Mission par l'Académie des Sciences et des Lettres de Mayence, eût récemment la bonne fortune de les découvrir dans le sable de la plage de Sète. Il en récolta, le 28 avril 1951, une quinzaine d'individus qu'il nous a envoyés pour étude. Par la suite, l'un de nous a retrouvé l'espèce, en grande abondance, à Canet-Plage, Pyrénées-Orientales, où elle est actuellement très commune. Les récoltes furent effectuées le 6 et le 14 juillet. Lors de la première visite, la mer était calme et les trous purent être creusés à 50 cm seulement du bord. La nappe phréatique fut atteinte à 30 cm de profondeur. L'eau était très peu salée. Lors de la seconde visite, la mer étant agitée, les trous furent creusés à une plus grande distance et la nappe phréatique fut atteinte à 50 cm de profondeur. L'eau était plus salée par suite de l'absorption des vagues par le sédiment. Dans un cas comme dans l'autre, le nombre des *Derocheilocaris* fut sensiblement le même. La température, lors des deux prélèvements était d'environ 20° C. Nous pouvons aisément conserver les animaux vivants au Laboratoire à 16-18° C. Ils ne meurent qu'après deux heures, entre lame et lamelle, malgré l'échauffement dû au condenseur du microscope; ce sont donc des animaux aussi eurythermes que les *Parabathynella* que l'un de nous a pu élever indifféremment entre + 6° C et + 33° C.

Les mouvements des Mystacocarides sont très particuliers. L'animal progresse sur le fond en actionnant ses antennes, ses mandibules et ses maxilles. Il pousse sur les obstacles, les grains de sédiment, par l'action combinée de ses maxillules et de ses maxillipèdes. Ses pattes thoraciques, en régression, sont totalement inertes. Les mouvements de contraction, par télescopage des segments thoraciques et abdominaux, poussent l'animal en avant, les branches furcales lui servant de point d'appui. Les antennules ont strictement un rôle tactile. Le rôle propulseur de la mandibule est un caractère nettement nauplien.

L'espèce trouvée par Remane à Sète et par l'un de nous à Canet appartient, comme l'espèce américaine, au genre *Derocheilocaris* Pennak et

Zinn. Nous nous bornerons, dans cette Note, à en donner une diagnose préliminaire, ayant pu la comparer à l'espèce américaine *D. typicus* Pennak et Zinn, dont un cotype nous fut donné par Pennak. Le meilleur caractère distinctif réside dans le contour de la plaque rostrale qui porte deux lobes arrondis et deux lobes aigus chez *D. typicus*, tandis que celui de l'espèce des côtes du Roussillon porte quatre lobes arrondis et quatre épines.

Nous nommons cette nouvelle espèce *Derecheilocaris remanei* n. sp., nous faisant un plaisir de la dédier à Remane qui la découvrit et contribua, par ses multiples travaux, à étendre nos connaissances sur la faune psammique marine.

Le fils du Professeur Remane a récolté quelques Mystacocarides à Naples, dont l'étude sera faite ultérieurement.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la culture* in vitro *des glandes génitales des embryons d'Oiseau : obtention de la différenciation sexuelle normale et de l'intersexualité expérimentale des gonades explantées.* Note de M. **Étienne Wolff** et Mlle **Katy Haffen**, présentée par M. Maurice Caullery.

Grâce à une technique de culture d'organes embryonnaires que nous venons de mettre au point, nous avons obtenu *in vitro* la différenciation sexuelle des gonades embryonnaires d'Oiseau, et, d'autre part, l'intersexualité expérimentale par deux procédés différents : la parabiose des explants et la culture sur milieux additionnés d'hormone femelle cristallisée.

1. *Différenciation sexuelle des gonades* in vitro. — Le développement des gonades explantées se poursuit dans les cultures, que les explants aient été prélevés après ou avant le stade de la différenciation sexuelle. Les expériences ont été faites sur l'embryon de Poulet et sur l'embryon de Canard [1]. Les résultats sont particulièrement nets si l'on opère sur les gonades de Canard, avant le stade de la différenciation sexuelle (7 et 8 jours d'incubation).

Les explants se différencient *morphologiquement* et *histologiquement*. Ils ont été cultivés entre 4 et 10 jours après l'explantation. On peut presque toujours reconnaître leur nature au seul aspect extérieur de l'explant : testicule, ovaire, ou gonade droite de type femelle. L'histologie confirme le diagnostic.

Les *testicules* se développent en boyaux renflés, grossièrement cylindriques, très semblables aux testicules d'un embryon normal. Ils contiennent, sous un épithélium cylindrique aplati et une albuginée variable, des tubes testiculaires typiques contenant des spermatogonies plus ou moins nombreuses. Quand une gonade gauche se différencie en testicule, la gonade droite correspondante subit le même sort en culture.

---

[1] Et. Wolff et K. Haffen, *C. R., Soc. Biol.*, séance du 6 juillet 1951 de la Société de Biologie de Strasbourg.

Les *ovaires gauches* se présentent sous forme de larges languettes aplaties, entourées d'une ample frange transparente, qui correspond à la partie extérieure du cortex. Celui-ci comprend un épithélium germinatif très épais, à hautes cellules prismatiques, entre lesquelles on trouve des ovogonies. Sous l'épithélium germinatif, on trouve des nids bourrés d'ovogonies ou d'ovocytes. La médullaire est parfois réduite à quelques cordons vacuolaires insignifiants. Dans quelques cas, les ovaires, tout en conservant leur aspect morphologique et histologique caractéristique, sont stériles.

Les *gonades droites femelles* ont un aspect tout aussi caractéristique : elles commencent par se développer en petites languettes granuleuses et plates, mais non frangées, puis elles diminuent de longueur et s'amenuisent, subissant *in vitro* une régression analogue à la régression normale : elles sont entourées d'un épithélium mince, parfois de lambeaux corticaux, elles sont remplies d'un tissu lâche et vacuolaire contenant des débris de gonocytes. La gonade droite subit toujours ce mode de développement, quand la partenaire gauche se différencie en ovaire.

La valeur de la méthode est attestée par les résultats suivants : sur 14 gonades mises en culture avant le stade de la différenciation sexuelle, 5 ont donné des testicules, 5 des ovaires, 2 des gonades droites femelles, 2 ne se sont pas développées. A ces résultats, il convient d'ajouter les explantations de gonades droites, qui ont servi de témoins dans les expériences qui vont être exposées : sur 21 explants, 9 ont donné des testicules, 10 des gonades de type femelle, 2 se sont nécrosées prématurément. La constance des résultats nous a permis d'appliquer cette méthode à des recherches sur l'intersexualité.

2. *Expériences de parabiose entre gonades explantées.* — Nous avons associé dans un même milieu de culture *deux gonades gauches* provenant d'embryons différents et de même âge (7 ou 8 jours). En quelques heures, les explants s'affrontent et se soudent sur une partie de leur longueur. D'autre part les gonades droites de ces embryons ont été cultivées séparément, pour servir de témoins. Les paires associées ont été cultivées pendant 6 jours.

Les résultats histologiques sont décisifs : sur 6 paires de gonades associées, il y avait 2 couples ♀♀, 4 couples ♂♀. Les couples ♂♀ sont constitués par un ovaire de type normal, et par un *ovotestis incontestable*. L'ovotestis est formé d'un massif de cordons médullaires beaucoup plus important que la médullaire d'un ovaire; ces cordons, serrés, et non lacunaires comme chez la femelle, rappellent des tubes testiculaires sans en avoir la structure caractéristique. Ils n'ont généralement pas tendance à former de lumière. Ce massif est entouré d'un épais cortex, parfois continu, parfois discontinu. Dans la zone de soudure des deux gonades, l'épithélium germinatif très épais passe sans discontinuité de l'une à l'autre. L'étude histologique des gonades droites cultivées à part a pleinement confirmé le sexe génétique mâle des partenaires intersexués.

3. *Expériences d'intersexualité provoquée par une hormone femelle.* — Des *gonades gauches* d'embryons de 7 et 8 jours sont mises en culture en présence de gouttelettes d'une solution huileuse de benzoate d'œstradiol à la concen-

tration de 5 mg : cm^3. Les gouttelettes sont amenées et maintenues autant que possible au contact des explants. Les *gonades droites* issues des mêmes embryons sont mises en culture sans hormone pour permettre d'en connaître le sexe génétique. Les premières expériences nous ont donné les résultats suivants : sur 10 explants cultivés en présence d'hormone, 4 étaient de sexe génétique femelle et ont donné des ovaires normaux; 6 étaient de sexe génétique mâle. Parmi les explants mâles, deux se sont différenciés en ovotestis, un en testicule peu ou pas modifié, trois explants ne se sont pas développés par suite d'une erreur technique qui a pu être décelée. Les deux gonades intersexuées avaient montré, dès le lendemain de l'explantation, un aspect macroscopique très remarquable : prolifération d'un cortex sous la forme d'une frange irrégulière, crénelée, attestant des poussées localisées probablement au contact des gouttelettes d'hormone.

Conclusions. — Les glandes génitales de l'embryon de canard, explantées au stade morphologiquement indifférent, subissent la différenciation sexuelle *in vitro* : elles se développent en ovaires ou en testicules faciles à caractériser morphologiquement et histologiquement. L'intersexualité expérimentale des gonades génétiquement mâles a été obtenue en culture par deux procédés : la parabiose de couples hétérosexués, l'addition d'une hormone femelle cristallisée au milieu de culture.

BIOLOGIE. — *Retard de la nymphose chez* Galleria mellonella *L. après la sécrétion du cocon. Influence de l'alimentation.* Note (*) de M. **Paul Allegret**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

De nombreux élevages de *Galleria mellonella* effectués sur aliment normal (cire de ruche plus ou moins riche en pollen) nous ont montré que la durée du dernier stade larvaire de ce Lépidoptère présente de fortes variations. Dans des conditions identiques de température (30° C) et d'hygrométrie, les chenilles des deux sexes, isolées ou groupées, subissent, avant la mue nymphale, une période de repos variable selon les individus. Seul, à notre connaissance, Borchert [1] a signalé l'ampleur de ces variations (de 1 à 40 jours). Il est évident que la nourriture offerte aux larves ne présente pas une valeur nutritive homogène. La richesse en pollen, donc en protéines, peut être différente en des points voisins du même milieu. Or, Haydack [2] a montré que le développement de *Galleria* est optimum sur pollen pur.

En vue de préciser l'influence de l'alimentation sur la durée du repos prénymphal, nous avons soumis des chenilles, isolées au dernier stade

(*) Séance du 16 juillet 1951.

(1) *Zoologische Jahrb.*, 37, 1933, p. 105-115.

(2) *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 29, 1936, p. 581-588.

immédiatement après la dernière mue, à trois régimes alimentaires différents.

1° Un régime plus riche en protéines que le milieu habituel, constitué par l'aliment normal additionné d'une forte quantité de pollen frais.

2° Un régime à peu près totalement carencé en protéines, constitué par de la cire gaufrée purifiée, employée par les apiculteurs (au maximum 0,2 à 0,35 ‰ de N total).

3° Le régime normal de *Galleria* (fragments de rayons de cire contenant des restes de pollen) de richesse protéique très variable.

Pour les trois régimes, nous avons pu apprécier la quantité de nourriture assimilée d'après le rapport du poids initial de la nymphe (noté après la mue nymphale) au poids initial de la larve (noté après la dernière mue larvaire). Dans ces expériences, nous avons également tenu compte du sexe. De plus, nous avons observé, pour chaque régime, la fécondité des femelles, par dissection, ou par comptage et élevage des œufs.

Les larves soumises aux deux premiers régimes se sont régulièrement nymphosées en temps normal. Pourtant, le coefficient d'augmentation de poids de la nymphe est très différent dans les deux cas : maximum avec l'aliment riche (valeurs moyennes : 3,4 pour les femelles et 2,6 pour les mâles); il reste, au contraire, voisin de 0,8 pour les deux sexes, lors de l'alimentation sur cire pure. De même, la fécondité des femelles est fort différente (souvent plus de 600 œufs avec le premier régime et 30 à 180 au maximum avec le second). Si importantes que soient ces différences de croissance et de fécondité, elles n'entraînent pas de prolongation du repos prénymphal et celui-ci peut être très court (12 h), de telle sorte que le dernier stade s'effectue en 6 à 10 jours. De même dans les deux cas, l'émission de soie est réduite pendant la période d'alimentation de la larve et le cocon lui-même est mince.

Le troisième régime alimentaire, de richesse protéique inégale, fait apparaître, au contraire, des variations considérables dans la durée du repos prénymphal. La durée totale du dernier stade atteint et dépasse parfois 50 jours. Parallèlement à l'augmentation de durée du dernier stade apparaît une diminution du coefficient poids initial de la nymphe/poids initial de la larve (valeurs inférieures à 2 pour les femelles et à 1,6 pour les mâles lorsque le dernier stade atteint 53 jours). La durée du stade nymphal ne subit pas de modifications et la fécondité des femelles est variable. L'augmentation de la durée totale du dernier stade est due, avant tout, à une augmentation de la période de repos qui précède la mue nymphale.

Le filage du cocon est souvent difficile à définir. En effet, contrairement aux deux premiers régimes, le régime III provoque, chez la larve, une émission de soie souvent intense avant la construction proprement dite du cocon. De plus, le cocon épais et rigide est parfois doublé d'une seconde

nappe de soie, sécrétée après une période plus ou moins longue de repos. Ce fait a été observé de façon particulièrement nette sur des larves, qui, après un long repos, ont abandonné spontanément l'épais cocon qu'elles avaient d'abord tissé, pour bâtir à côté un abri léger dans lequel la mue nymphale s'est effectuée rapidement.

La relation entre l'émission abondante de soie et l'allongement du dernier stade, par augmentation de la durée du repos larvaire prénymphal, paraît évidente. La durée du dernier stade reste courte et homogène avec une alimentation, soit très pauvre, soit très riche en protéines, lorsque cette alimentation ne provoque pas un rejet soyeux abondant. Ainsi la fraction azotée de l'alimentation, inutilisable pour la larve, qui doit être rejetée avant la mue nymphale sous forme de soie, interviendrait seule. Cette fraction abondante seulement dans le milieu III (reliquats soyeux des nymphes d'abeille, exuvies, méconium, etc.) provoque une accumulation de déchets chez la larve et entraînerait le retard de la mue nymphale.

Pour étayer cette interprétation, nous avons tenté d'accélérer l'émission de la soie chez des larves nourries avec le milieu III, par des destructions répétées du cocon. Les larves prélevées dès le filage et ne s'alimentant plus nous ont alors donné plusieurs ébauches de cocon et se sont nymphosées rapidement. Ces essais sont à rapprocher de ceux effectués par Theron ([3]) sur *Carpocapsa pomonella* au cours desquels l'auteur ne parvient à briser la diapause larvaire du Carpocapse que par des destructions répétées de l'hibernaculum. Ils rejoignent aussi nos essais de cautérisation de la filière, effectués sur *Galleria* et *Bombyx* qui ont fait apparaître, soit un retard, soit une inhibition totale de la mue nymphale par rétention expérimentale de la soie.

BIOLOGIE. — *Action du placenta dans l'infection expérimentale de la Souris par* Trypanosoma Brucei. Note (*) de MM. **Louis Chedid** et **Fernand Boyer**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les fœtus de souris, inoculés *in utero*, avec *Trypanosoma Brucei*, résistent à l'infection alors que le parasite se développe chez la mère. Cette résistance disparaissant à la naissance, les auteurs ont recherché l'action protectrice du placenta. Des placentas de souris déposés dans la cavité abdominale d'animaux adultes de la même espèce ont influencé favorablement l'évolution de cette infection expérimentale.

Nos essais ont porté sur la modification de la résistance de l'organisme animal par un mécanisme endocrinien. Sur les conseils de M. Trefouël, nous avons tout d'abord étudié les effets de la gestation au cours de l'infec-

([3]) *Journ. Ent. Soc. South. Africa*, 6, 1943, p. 114-123.

(*) Séance du 23 juillet 1951.

tion expérimentale par *Trypanosoma Brucei* chez la Souris. On sait que l'organisme de cet animal n'oppose aucune défense à la multiplication de ce parasite. Cet état n'est pas modifié par la gravidité. Néanmoins, nous avons pu, en déposant des placentas à l'intérieur de la cavité péritonéale de souris normales, leur conférer une certaine résistance.

Les souris infectées avec *Trypanosoma Brucei* succombent très régulièrement, suivant la dose et la voie utilisées, deux jours et demi à dix jours après l'inoculation.

Des infections de sévérité différente, faites à des souris gravides, nous ont permis de constater que la gestation ne confère aucune protection à l'animal vis-à-vis de cette maladie expérimentale qui provoque très souvent des avortements ou des mises bas prématurées. D'autre part, dans aucun cas, nous n'avons pu déceler la présence de trypanosomes dans le sang de ces embryons ou de ces nouveaux-nés.

Pour nous assurer si cette protection du fœtus était uniquement due à l'action filtrante du placenta, nous avons, dans une autre série d'expériences, infecté directement l'embryon en partie extériorisé, à travers une incision faite dans la paroi utérine, après laparotomie. Le fœtus replacé à l'intérieur de la corne utérine est prélevé 24 h plus tard, par hystérectomie. Le tableau suivant expose nos résultats :

TABLEAU I.

Date.	Nombre d'embryons infectés.	Trypanosomes chez l'embryon (1).	Inoculation souris.	Trypanosomes chez la mère.	Mère morte le
24 nov. 1950......	1	vivant 0/100	négatif	25 nov. infectée	29 nov.
27 »	1	vivant 0/100	négatif	28 » infectée	sacrifiée
27 »	5	morts (2) 0/100	–	28 » 0/100	29 nov.
27 »	1	mort 0/100	–	28 » 0/100	30 nov.
29 »	1	vivant (infecté)	–	30 » 0/100 (3)	7 déc,
11 déc. 1950......	4	4 vivants 0/100	1 négatif sur 4	12 déc. infectée	sacrifiée
14 »	4	4 vivants (2 infectés et 2 à 0/100)	négatif pour les 2 embryons 0/100	infectée	sacrifiée

(1) Une goutte de sang du cœur est prélevée chez l'embryon 24 h après l'infection et examinée au microscope entre lame et lamelle. Le nombre de trypanosomes est compté sur 100 champs. L'absence de trypanosome dans le sang de l'embryon est d'autre part confirmée par inoculation de quelques gouttes de celui-ci dans le péritoine de deux souris chez lesquelles on doit retrouver le parasite dans les 10 jours suivants. (Théoriquement un seul trypanosome suffit pour infecter cet animal).

(2) Dans un grand nombre d'expériences, les embryons examinés 24 h plus tard sont morts sans trypanosome.

(3) Examinée ensuite, elle s'est montrée infectée.

L'aiguille souillée est suffisante pour infecter la mère au point que l'on peut souvent déceler le trypanosome dans son sang périphérique après 24 h. Par contre, les embryons qui reçoivent un dixième de centimètre cube de l'inoculat se sont montrés résistants, échappant même complètement à l'infection.

Pour étayer ce résultat, nous avons comparé *in vitro* le sérum maternel

à celui des embryons en tant que milieu de conservation du trypanosome. Les trypanosomes se conservent nettement mieux dans le sérum maternel où ils sont retrouvés très mobiles après 40 h, alors que leur nombre décroît sensiblement dès la seizième heure dans le milieu contenant du sérum d'embryon.

Cette résistance de l'embryon disparaît à la naissance. En effet, les nouveaux-nés peuvent être infectés à tout coup et le parasite se multiplie chez eux apparemment plus vite que chez les adultes. Aussi nous sommes-nous demandé, si cette résistance de l'embryon ne provenait pas d'une substance diffusant du placenta vers lui.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons déposé des placentas de souris à l'intérieur de la cavité abdominale d'animaux mâles et femelles. Après quoi, nous les avons infectés très sévèrement par voie intrapéritonéale en comparaison avec des témoins normaux. Chez les animaux traités, nous avons constaté une résistance à l'infection, se traduisant par un nombre plus petit de trypanosomes dans le sang après 20 h et par une survie de 24 à 60 h, par rapport aux témoins.

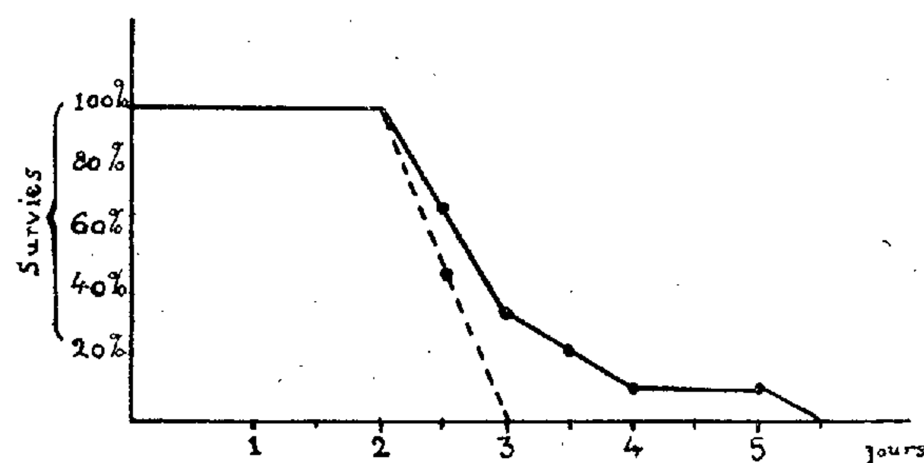


TABLEAU II. — *Trypanosoma Brucei.* (Infection par voie intrapéritonéale.)
———— Traités (placentas). -------- Témoins.

Il semble qu'en résorbant un placenta la Souris bénéficie de l'action d'une substance que seul l'embryon peut utiliser durant la gestation et qui le protège vis-à-vis du Trypanosome. Des essais préliminaires faits *in vitro* avec des extraits placentaires nous encouragent à persévérer dans cette voie.

BIOLOGIE. — *De l'effet de groupe chez le Ver à soie.* Note (*) de MM. **Jean-Marie Legay** et **Michel Pascal**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

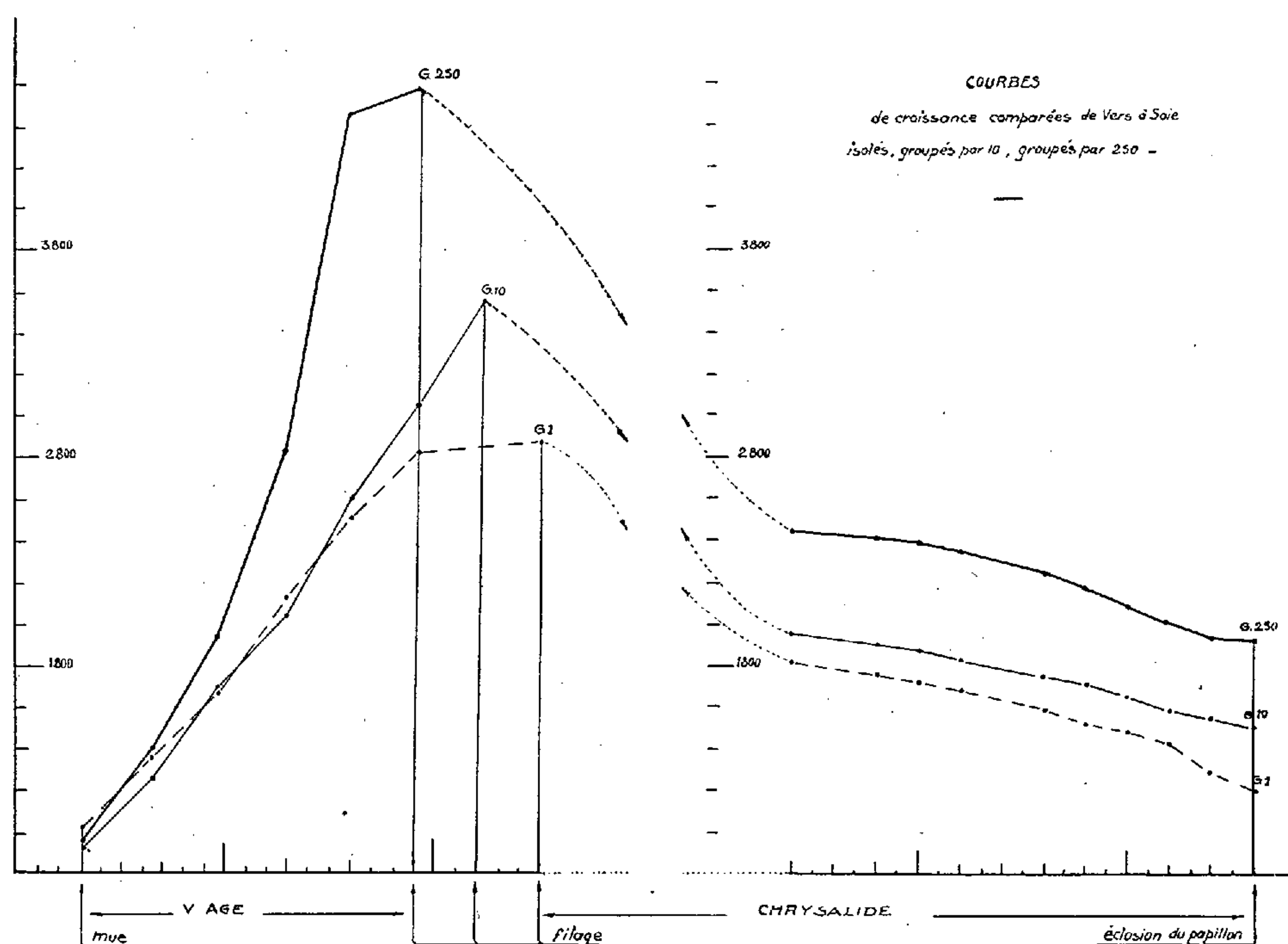
Dans la pratique séricicole, les Vers à soie ne sont élevés que par très grand nombre d'individus à la fois. Aussi était-il intéressant de préciser dans quelle mesure on retrouvait dans leur comportement le jeu d'un « effet de groupe »,

(*) Séance du 16 juillet 1951.

particularité qui a été mise en évidence chez de nombreux Insectes, et dont les conséquences sur le développement et sur le devenir de ces animaux sont souvent si marquées.

Dans une première série d'essais, nous avons comparé des lots de 10 Vers élevés soit isolément, soit en groupe, ces élevages étant alors répétés sur des *surfaces très différentes* (par individu, la surface minima fut de 561 mm² au troisième âge, 1 150 mm² au quatrième et 5 775 mm² au cinquième; pour d'autres élevages, l'espace donné fut double; pour d'autres encore il fut illimité).

Les Vers élevés isolément ont eu un poids maximum notoirement plus faible



que ceux élevés en groupe (1/5 en moins); on trouve les différences un peu moins grandes entre cocons.

Dans une autre série d'essais, les élevages furent effectués sur des *surfaces minima* mais, cette fois, les lots furent de 1, 10 et 250 Vers, c'est-à-dire des *nombres de Vers très différents*. Des pesées journalières ont permis d'établir des courbes de croissance précises.

Nous avons noté qu'au moment de la montée, le poids maximum individuel se trouve, pour le lot de 250 individus, égal au poids minimum pour les isolés et égal au poids intermédiaire pour les groupes de 10. Les moyennes sont de l'ordre suivant : par 250 : 4,5 g; par 10 : 3,5; isolés : 2,7.

De plus, on voit cet effet de groupe se produire chez le Ver à soie

uniquement à partir de la quatrième mue, c'est-à-dire pendant le dernier âge. Il est intéressant de remarquer que cette période est précisément celle de la sécrétion intense de la soie, fait déjà noté par Grison sur d'autres Lépidoptères.

Des observations complémentaires montrent que, si l'effet de groupe se fait sentir sur la croissance pondérale (donc probablement sur la quantité d'aliments pris, ce que nous n'avons pas pu chiffrer), il est par contre pratiquement sans action sur la durée du cycle évolutif; s'il y a une accélération de la vitesse de développement au cours du dernier âge, elle est en tous les cas restée très faible; les conséquences de l'effet de groupe sont donc moins marquées que celles reconnues par Grison sur le Bombyx cul-brun et par Chauvin sur *Schistocerca gregaria*. Enfin la fécondité a été nettement abaissée chez les individus isolés, chez qui elle tombe entre 20 et 55 % seulement de ce qu'elle s'est montrée chez les témoins.

On peut conclure que si un effet de groupe, compris au sens de Grassé, existe chez le Ver à soie, il est cependant assez peu marqué et ne se fait sentir qu'*à partir de la quatrième mue* (accroissement du poids, puis de la fécondité). Son existence incite donc dans les élevages à réduire l'espacement, si l'on considère qu'un petit nombre de Vers sur un vaste espace est comparable à un ensemble de Vers isolés. Toutefois, cette réduction de l'espacement doit s'arrêter à une certaine limite, qui constitue un *optimum*; car une trop grande densité d'individus apporterait des inconvénients (qui annuleraient et au-delà les conséquences heureuses de l'effet de groupe) : ce sont d'une part l'insuffisance de la quantité d'aliment de bonne qualité restant effectivement à la disposition de chaque Ver, d'autre part (et probablement) les risques de maladie accrus par une trop grande promiscuité.

BIOLOGIE. — *Le développement des neutres chez les Termites supérieurs* (Termitidæ). IV *Le sexe des diverses catégories de neutres*. Note (*) de M. **Charles Noirot**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous avons fait connaître précédemment (1) les schémas de développement de plusieurs Termites africains, tels qu'on peut les déduire d'études morphologiques et biométriques et d'élevages; nous trouvons, dans tous les cas, que la différenciation *visible* des soldats est tardive; aussi avons-nous repris les recherches de Bathellier (2) qui prétend reconnaître, par la dimension et la forme des gonades, la destinée des larves dès leur éclosion.

Les colonies utilisées avaient été récoltées en dehors de la période de formation des sexués; les larves étudiées étaient toutes des larves de

(*) Séance du 16 juillet 1951.

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 600 et 2053; **230**, 1950, p. 475.

(2) *Faune Colon. françaises*, **1**. 1927 p. 125-365.

neutres. Nous avons effectivement trouvé, dans toutes les espèces de *Termitidæ* étudiées, deux types de gonades dans les larves nouveau-nées, mais ces deux catégories correspondent simplement aux deux sexes, mâle et femelle, car l'ébauche du canal évacuateur débouche dans un cas à la base du 7[e] sternite (sexe femelle), dans l'autre à la base du 9[e] sternite (sexe mâle).

En suivant le développement de ces gonades dans les différents stades, on constate que l'évolution n'est pas toujours identique dans les deux sexes.

Précisons tout d'abord qu'aucun caractère morphologique ne permet de distinguer le sexe des larves, des ouvriers, ni des soldats; l'étude des gonades est nécessaire. Si dans quelques cas (*Cubitermes* par exemple), la structure histologique de celles-ci est suffisamment différenciée, bien souvent, au contraire, les glandes génitales des neutres sont réduites à un cordon ou à un amas de petites cellules, et il faut s'adresser au canal évacuateur pour déterminer le sexe.

Chez *Microcerotermes fuscotibialis*, *M. parvus*, les larves mâles deviennent les petits ouvriers; les femelles se transforment en grands ouvriers. Les soldats (qui dérivent des grands ouvriers) sont tous des femelles ([3]).

Chez *Nasutitermes arborum*, les faits sont analogues : les petits ouvriers sont mâles, les grands ouvriers sont femelles. Mais ici, les soldats tirent leur origine des petits ouvriers et sont tous du sexe mâle.

Parmi les Termites champignonnistes, nous avons étudié *Bellicositermes natalensis* et *Ancistrotermes crucifer*. Les petits ouvriers sont femelles, les grands ouvriers sont mâles. Les grands et les petits soldats dérivent de la lignée des petits ouvriers, et sont tous femelles (les gonades des soldats adultes de *Bellicositermes* sont difficiles à voir, mais sont bien reconnaissables au stade soldat-blanc).

Étudions maintenant les espèces qui ne possèdent qu'une seule catégorie d'ouvriers. On peut toujours reconnaître parmi ceux-ci des mâles et des femelles, mais seulement par l'étude des gonades. *Amitermes evuncifer* a des soldats des deux sexes, en proportions à peu près égales.

Chez les *Mirocapritermitinæ* (*Termitinæ*) étudiés, nous n'avons trouvé que des soldats femelles : *Mirotermes* (*Termes*) *hospes*, *M. baculi*, *Cubitermes sp. pl.*, *Procubitermes sp. n.*

Comme nous l'avons déjà signalé, dans des populations de composition anormale, le développement habituel peut être troublé et, en particulier, on peut obtenir des soldats à partir des stades qui, normalement, n'en produisent point (*régulation sociale* de Grassé). Ainsi, en élevage, nous avons vu apparaître des soldats mâles de *Microcerotermes*, provenant de petits

---

([3]) Ceci est en contradiction avec les résultats de Weyer chez *Microcerotermes amboinensis* (*Zool. Anz.*, 90, 1930).

ouvriers, et des soldats femelles de *Nasutitermes* originaires de grands ouvriers. Ceci montre que la possibilité de produire des soldats existe chez les ouvriers des deux sexes, même si un seul la réalise effectivement dans les conditions naturelles.

Il nous faut évidemment étendre cette étude à un plus grand nombre d'espèces, mais nous pouvons déjà mettre en évidence les faits suivants :

Chez les *Termitidæ*, le dimorphisme des ouvriers correspond, au moins dans certains cas, à un dimorphisme sexuel.

Dans beaucoup d'espèces, mais non dans toutes, les soldats sont tous du même sexe. La régulation sociale peut faire échec à cette règle et montre la plasticité du phénomène.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Activités respiratoires des végétaux supérieurs. III. Présence de cytochrome C réductases dans les feuilles vertes.* Note (*) de MM. **Albert-Jean Rosenberg** et **Gaston Ducet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons mis en évidence ([1]) une activité cytochrome-oxydasique dans la fraction centrifugeable à grande vitesse (chloroplastes) de broyats de feuilles vertes. Cette activité a été retrouvée par Bhagvat et Hill ([2]). En outre, Hill et Scarisbrick ont isolé le cytochrome C des feuilles vertes.

N'ayant pas trouvé d'activité succinodéshydrogénasique nous avons cherché comment se réduit le cytochrome C. On sait que celui-ci est réduit par une cytochrome C-réductase; Haas dans les tissus animaux, Lockhart, puis Davison ([3]) dans les germinations de pois (tissus non chlorophylliens), l'ont trouvée. Nous avons également découvert ce système dans les feuilles vertes de *Soja hispida*, et nous avons ainsi reconstruit la chaîne : di ou tripho-sphopyridine nucléotides réduits ($DPNH_2$ et $TPNH_2$), cytochrome C réductase, cytochrome C, cytochrome-oxydase et oxygène.

Les réductases se trouvent dans le liquide cytoplasmique, contrairement à la cytochrome-oxydase qui est liée aux particules (chloroplastes).

Technique. — Pour la préparation des réductases, nous avons cherché à localiser l'enzyme, soit dans le liquide cytoplasmique, soit dans les chloroplastes. Après centrifugation à 20 000 g du broyat de feuilles vertes, le liquide cytoplasmique et les chloroplastes ont été fractionnés par l'acétone à — 5° selon Davison. La fraction qui précipite entre 30 et 60 % contient les réductases pour le liquide cytoplasmique et n'a pas d'activité pour les chloroplastes (courbes 1 et 1', *fig.* 1). Les réductases se trouvent également dans le préci-

(*) Séance du 9 juillet 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 221, 1949, p. 391.

([2]) *New Physiol.*, 50, 1951, p. 112.

([3]) *Nature*, 116, 1950, p. 265.

pité obtenu par addition de 32 g de sulfate d'ammonium à 100 cm³ de liquide cytoplasmique.

L'activité a été mesurée à l'aide du spectrophotomètre de Beckman en suivant à 550 mμ la réduction du cytochrome C (*fig.* 1); les $DPNH_2$ et $TPNH_2$ ont été préparés par action des déshydrogénases lactique ou isocitrique (en présence d'aconitase) ou par la réduction des coenzymes I et II. L'addition de diaphorase ne modifie pas l'allure des courbes.

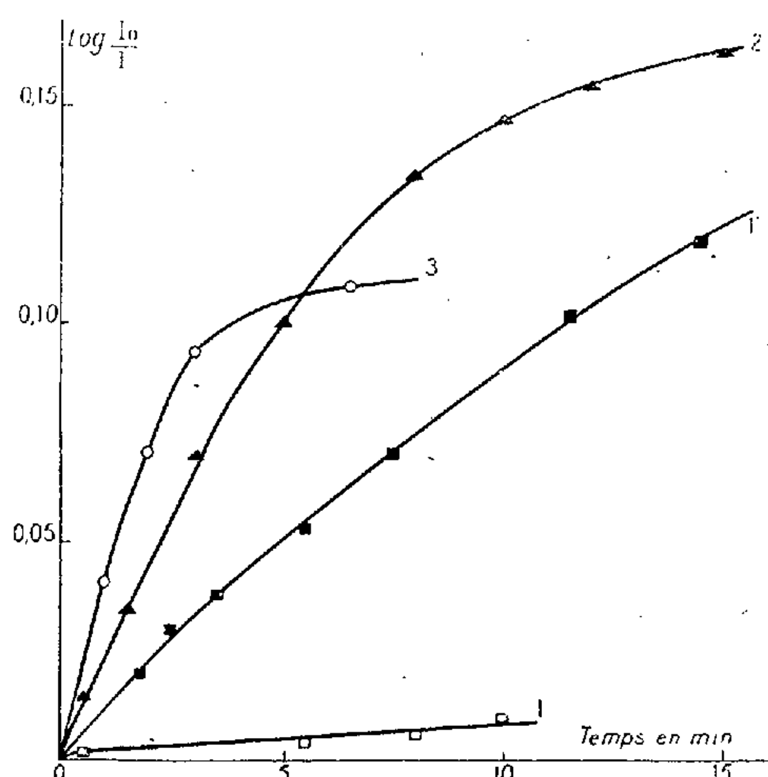


Fig. 1.

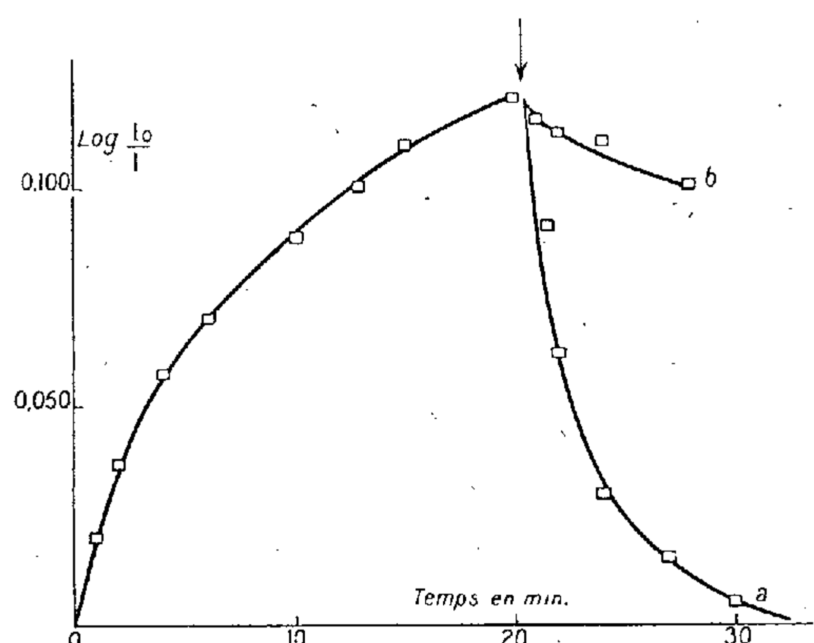


Fig. 2.

Fig. 1. — Composition des cuves : *Courbes* 1, 1' et 2 : 0,05 ml citrate 0,4 M; 0,3 ml isocitrique déshydrogénase et aconitase; 0,2 ml réductases; 0,2 ml TPN (90 γ); 1,3 ml tampon PO_4 M/10 7,4; 0,75 ml eau. A l'instant O, 0,2 ml de cytochrome C 3,10⁻⁴ M. — *Courbe* 3 : 0,2 ml lactate M; 0,2 ml lactique déshydrogénase; 0,2 ml réductases; 0,2 ml DPN (50 γ); 0,2 ml KCN 2 M; 1,8 ml PO_4 M/10 7,4. A l'instant O, 0,2 ml de cytochrome C 3.10⁻⁴ M. — *Courbe* 1 : préparation des chloroplastes. *Courbes* 1', 2 et 3 : réductases de liquide cytoplasmique.

Fig. 2. — Composition des cuves : 2 ml $DPNH_2$ (100 γ); 0,5 ml tampon PO_4 M/30 7,4; 0,2 ml réductases. A l'instant O, 0,1 ml de cytochrome C. La flèche indique l'addition de 0,06 ml de chloroplastes. *Courbe a*, sans cyanure; *courbe b*, avec cyanure (0,1 ml CNK M/20).

Nous avons également montré, à l'aide du spectrophotomètre, la réoxydation du cytochrome C par les chloroplastes (*fig.* 2). En présence de cyanure à la concentration finale M/600, la réoxydation du cytochrome C est inhibée de 90 % en 2 mn. L'addition de succinate à une suspension de chloroplastes, en présence de cyanure et de cytochrome C, ne réduit pas ce dernier. Il n'y a donc pas d'activité succinoxydasique dans les chloroplastes.

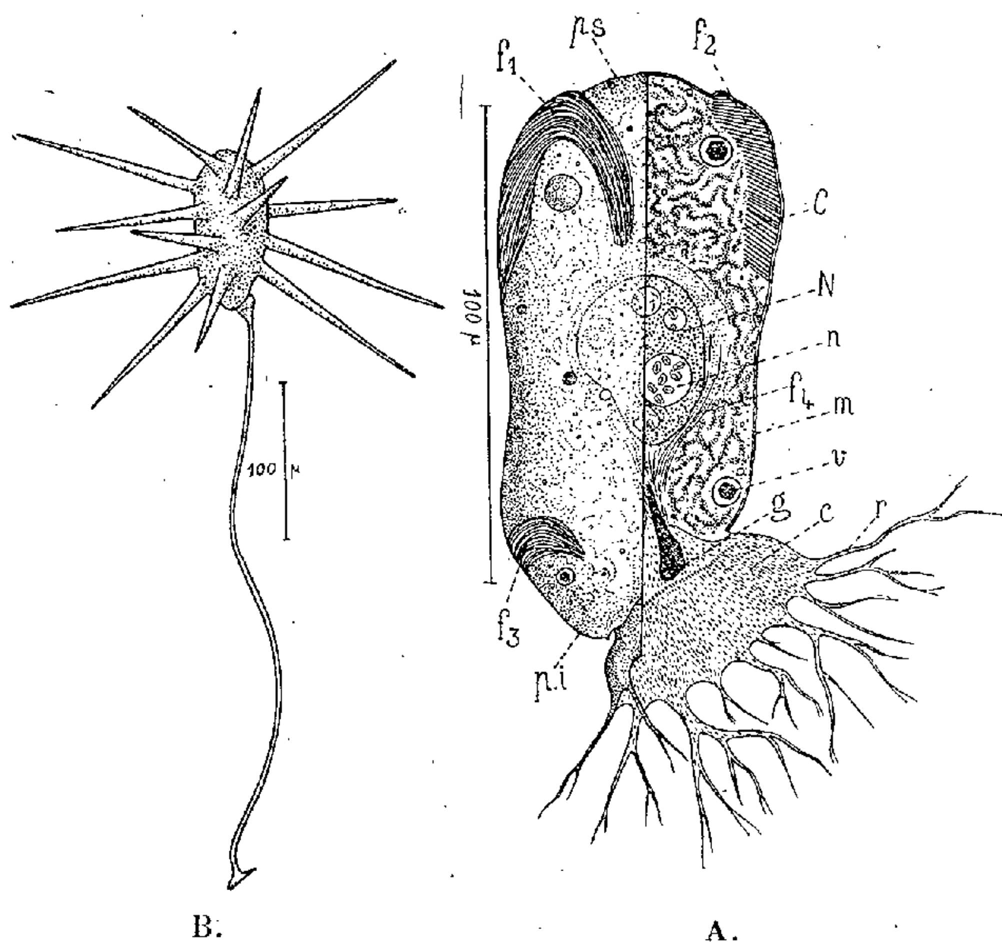
De ces expériences, nous pouvons conclure que les feuilles vertes contiennent des pyridines nucléotides-cytochrome C-réductases qui peuvent transporter l'hydrogène jusqu'à l'oxygène moléculaire activé par la cytochrome-oxydase. Arnon ([4]) ayant montré que les chloroplastes illuminés réduisent les phosphopyridines nucléotides, il reste à montrer si c'est le seul système qui réduise les coenzymes, ou s'il en existe d'autres.

([4]) *Nature*, 167, 1951, p. 1008.

PROTISTOLOGIE. — Diplomorpha paradoxa, *n. g., n. sp. Protiste de l'ectoderme des Siphonophores.* Note (*) de MM. **Maurice Rose** et **Jean Cachon**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Sur les Siphonophores de la baie de Villefranche-sur-Mer et aussi d'Alger, nous avons observé un curieux Protiste dont voici la description sommaire. La cellule est toujours fixée et se présente sous deux aspects différents : *a.* une forme sessile sans appendices; *b.* une forme pédonculée, hérissée de longs prolongements rayonnants.

Forme sessile. — Le Protiste (*fig.* A) est fixé à l'ectoderme de son hôte par



B. Forme pédonculée. (La moitié gauche, vue sur le vivant; la moitié droite, vue sur coupes). A. Forme sessile. C, cytoplasme; N, noyau; p. s., pôle supérieur; p. i., pôle inférieur; f1, f2, f3, f4, faisceaux fibrillaires; c., coussinet; n., nucléole; r., rhizoïdes; m., membrane; v., vacuole; g., goutte visqueuse.

un coussinet (c.) aplati, dont le bord se frange de rhizoïdes (r.) ramifiés sur le Siphonophore. Le coussinet supporte la cellule qui est ovoïde. Son pôle libre ou supérieur (p. s.) est plus arrondi que le pôle inférieur (p. i.) voisin du point de fixation. L'organisme est entouré d'une membrane (m.) nette, qui enferme un cytoplasme (C.) très spécial, dans lequel on voit un noyau (N.) qui contient toujours au moins un gros nucléole (n.), mais le plus souvent plusieurs.

Le coussinet s'enfonce souvent comme un coin dans le cytoplasme, mais en reste toujours très distinct.

(*) Séance du 16 juillet 1951.

Le cytoplasme, sur le vivant, est assez opaque, plus ou moins granuleux et riche en inclusions de nature variable. Dans les grandes formes, il a un aspect fripé, fort singulier, qu'on retrouve sur les coupes. Mais toujours, dans la cellule, on observe des formations particulières disposées en trois faisceaux fibrillaires, deux supérieurs (f. 1 et f. 2) et un inférieur (f. 3). Les deux premiers sont en fer à cheval, placés juste sous la membrane et formés de lamelles étroites simulant des fibres courtes parallèles, difficiles à colorer, sauf par l'éosine. Le troisième faisceau, plus petit et rectiligne, présente les mêmes caractères. Autours du noyau, on voit une autre région fibrillaire (f. 4), noyée dans un cytoplasme homogène qui descend jusqu'au coussinet.

Le noyau est unique, sphérique ou ovoïde, avec des grains de chromatine très fins, parfois plus ou moins alignées en chaînettes. Les nucléoles sont souvent multiples et peuvent atteindre une taille énorme. Ils sont riches en inclusions spéciales qui font parfois songer à un parasite intranucléaire en voie de multiplication.

Jamais nous n'avons vu d'indices de division nucléaire, et les formes sessiles présentent toujours à peu près la même structure.

Forme pédonculée. — On la rencontre beaucoup plus rarement; par suite, sans doute, de sa fragilité et de l'abandon précoce de son hôte. L'organisme apparaît alors comme une cellule hérissée de bras très longs, immobiles et rayonnants (*fig.* B). Le corps cellulaire est rattaché au Siphonophore par un pédoncule grêle, homogène et régulièrement calibré.

La cellule avec ses bras se détache aisément du pédoncule et tombe dans la mer.

Passage de la forme sessile à la forme pédonculée. — On peut voir souvent, les bras pousser sous l'objectif, lorsqu'on observe la forme sessile. Une excroissance apparaît sous la membrane qu'elle refoule en dehors et perce. Cette saillie tubulaire s'accroît par saccades, et, très vite, donne le bras rigide terminé en pointe. On a l'illusion d'une dévagination : en réalité, la membrane propre du bras ne préexiste pas dans la cellule, mais se forme instantanément au contact de l'eau de mer. Elle semble prendre son origine dans le matériel fibrillaire cytoplasmique, qui s'engage dans le tube au fur et à mesure de sa croissance.

Le pédoncule est sécrété au pôle inférieur, sous forme d'une grosse gouttelette réfringente et visqueuse (g.) qui s'enfonce dans le coussinet et le traverse. Elle se fixe à l'hôte et l'organisme se détache étirant la gouttelette en un fil qui durcit aussitôt.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il nous paraît oiseux de discuter les affinités systématiques de ce Protiste; mais nous croyons nécessaire de lui donner un nom, et nous proposons de le baptiser *Diplomorpha* n. g. *paradoxa* n. sp.

MICROBIOLOGIE. — *L'avortement à ultra-virus des Équidés existe-t-il en France?* Note de MM. **Jean Verge, Alexandre Lucas, Laurent Cauchy, Louis Andral** et **Alain Paraf**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Les avortements infectieux des Équidés sont fréquents dans toutes les parties du monde et se rapportent à des causes microbiennes multiples : Salmonellas, Colibacilles, Streptocoques, Bacilles tuberculeux, etc. En ces dernières années, un ultra-virus a été décelé à l'origine de certains foyers étrangers. Nous venons, nous semble-t-il, de le mettre en évidence dans notre pays.

Nous sommes consultés, à la fin de l'année 1950, pour une enzootie sévère d'avortements. Sur un lot de 16 juments, dont 15 se révèlent en état de gestation, nous assistons à 15 avortements : 11 se réalisent à intervalles très rapprochés entre le 8 décembre 1950 et le 25 janvier 1951; quatre interviennent entre le 22 février et le 8 mars 1951. La rupture de la gestation s'est d'ordinaire produite, comme il est de règle en pareille matière, vers le 9ᵉ mois. Toutefois nous avons observé des expulsions prématurées de fœtus entre le 7ᵉ et le 10ᵉ mois de la gestation.

Les avortements procèdent toujours sans signes précurseurs et nous n'avons jamais constaté la fièvre prémonitoire observée par certains auteurs, Manniger en particulier. Le processus apparaît extrêmement brutal, sans que, chose curieuse, les juments semblent affectées dans leur état général. Le fœtus et les enveloppes placentaires sont rapidement expulsés. La jument retrouve promptement ses chaleurs normales et peut être fécondée quelques jours après l'avortement.

Les lésions que nous avons relevées chez les avortons sont classiques. De plus, nous avons décelé dans certaines cellules du foie et de la rate, plus rarement dans les cellules pulmonaires, des inclusions intranucléaires, que Dimock considère comme caractéristiques de l'avortement à ultra-virus et dont le nombre varie avec les tissus. Ces inclusions sont acidophiles, rondes ou ovalaires et atteignent des dimensions de 1 à 6 μ.

En même temps que ces inclusions cellulaires qui sont la signature histologique de l'ultra-virus abortif dans l'économie infectée, nous avons recherché, par les examens bactériologiques directs ou par les examens sérologiques indirects, la présence des germes classiquement responsables des avortements infectieux des Équidés. Nos essais ont échoué dans tous les cas, en ce qui concerne *Salmonella abortus equi*, *Escherichia Coli*, *Brucella*, *Shigella*, *Streptococcus*, *Listerella*, voire *Leptospires* ou *Vibrio fœtus*, etc. On sait d'ailleurs que *Vibrio fœtus* demeure, jusqu'à présent tout au moins, l'unique apanage des espèces bovines ou ovines.

L'inoculation, et c'est sur ce point que nous voudrions surtout insister, nous a permis de reproduire l'avortement avec ses caractéristiques naturelles.

Nous nous sommes adressés à un avorton de neuf mois, dont les organes abdominaux (foie et rate riches en inclusions cellulaires) ont été longuement broyés en sérum physiologique, puis filtrés sur Bougie Chamberland L 3. Ce filtrat, dont nous avons préalablement vérifié la stérilité *bactérienne*, a été inoculé à une jument pleine d'environ neuf mois. Cette injection n'a déclenché, dans les jours qui ont immédiatement suivi, aucun phénomène particulier. Cependant la jument a avorté un mois après l'injection virulente et l'autopsie du fœtus a permis de retrouver les signes pathognomoniques, macroscopiques ou microscopiques, de l'avortement à virus.

Les organes de ce second avorton, âgé de 10 mois, ont été broyés et filtrés sur Bougie Chamberland L 3, selon le protocole évoqué plus haut; puis le filtrat a été inoculé à une seconde jument pleine de neuf mois environ. Malheureusement l'inoculation ainsi réalisée expérimentalement n'a pas permis de déclencher un nouvel avortement; cette jument a donné naissance à un poulain normal, expulsé à terme en parfaite santé.

Conclusions. — Malgré cette regrettable interruption de nos essais de transmission en série, il nous paraît cependant légitime :

1° d'attribuer l'avortement artificiellement provoqué par nous à la présence, au sein des tissus du premier avorton, de l'ultra-virus spécifique avec ses inclusions intranucléaires typiques;

2° de rapporter pourtant à cet ultra-virus l'enzootie que nous avons étudiée.

Notre échec, lors de notre seconde tentative de transmission expérimentale, témoignerait soit d'une disparition précoce de la virulence chez l'avorton, soit d'une immunisation antérieure spontanée de la jument.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'action bactériostatique et bactéricide* in vitro *de différents mélanges d'antibiotiques.* Note de MM. **Rémy Richou**, **Claude Gerbeaux** et Mlle **Jacqueline Schlaepfer**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dès 1947, nous avions constaté avec G. Ramon (1), qu'il n'y avait aucune incompatibilité entre la pénicilline et la streptomycine associées dans la même solution; formolées ou non, elles conservaient toutes deux leurs propriétés, même après un assez long délai.

« Ce fait, écrivions-nous, conduit à envisager l'emploi des mélanges de

(1) G. Ramon et R. Richou, *Comptes rendus.*, 224, 1947, p. 1680; *Revue d'Immunologie*, 11, 1947, p. 140; *Presse Médicale*, n° 61, 1947, p. 693.

pénicilline et de streptomycine dans le cas, par exemple, d'infections mixtes causées par des germes dont les uns sont réputés sensibles à la pénicilline, les autres à la streptomycine, ou bien lorsqu'il s'agit d'une infection à son début et dont le microbe en cause n'a pas encore été exactement déterminé bactériologiquement ».

Comme nous l'avions préconisé, on en est venu progressivement, depuis, à associer les antibiotiques les uns aux autres, dans le but d'agir vite et fort contre l'infection en cause. Pour certains auteurs, on éviterait également que l'intervention d'un seul antibiotique rende les germes résistants, dans une certaine mesure, aux antibiotiques qui n'ont pas été utilisés [2].

Toutefois, il pourrait exister certaines incompatiblités entre les divers antibiotiques [3]. C'est ainsi que la chloromycétine, l'auréomycine et la terramycine seraient antagonistes de la pénicilline.

Aussi avons-nous recherché comparativement, vis-à-vis de différents germes (staphylocoque, colibacille, proteus, pyocyanique), l'activité bactériostatique et bactéricide de la pénicilline (P.), de la streptomycine (S.), de l'auréomycine (A.), de la chloromycétine (C.) et de la terramycine (T.), seules ou associées deux par deux : P. + S.; P. + A.; P. + C.; P. + T.; S. + A.; S. + C.; S. + T.; A. + C.; A. + T.; C. + T.

On déterminait d'abord la sensibilité du germe à l'égard de chacun des antibiotiques, en prenant la moyenne de plusieurs titrages effectués dans les mêmes conditions. En se basant sur ces résultats, on préparait les mélanges d'antibiotiques 48 h avant l'emploi : si, par exemple, un germe était sensible à 6 unités de pénicilline et à 10 γ de streptomycine, on préparait une solution contenant au centimètre cube 3 unités de pénicilline et 5 γ de streptomycine, soit la moitié de la dose active de chaque antibiotique, dont la somme équivalait théoriquement à la concentration efficace de chaque antibiotique pris séparément.

On recherchait alors, d'une part, le pouvoir bactériostatique par la méthode des dilutions et, d'autre part, le pouvoir bactéricide des solutions et des mélanges d'antibiotiques.

De l'ensemble des résultats obtenus, on peut tirer les conclusions suivantes. En ce qui concerne le pouvoir bactériostatique, il n'y a aucune incompatibilité entre les antibiotiques associés dans la même solution. Nous avons constaté un simple effet d'addition de l'activité bactériostatique de chacun des deux antibiotiques entrant dans la composition des divers mélanges, exception faite pour le mélange contenant la pénicilline

(2) W. E. Herral, F. R. Heilman et W. E. Wellmann, *Ann. N. Y. Acad. Sc.*, 53, 1950, p. 448; F. E. Pansy, P. Khan, J. F. Pagano et R. Donovick, *Proc. Soc. Exp. Biol. a. Med.* 75, p. 618.

(3) J.-B. Gunnisson, V. R. Coleman et E. Jarvetz, *Proc. Soc. Exp. Biol. a. Med.*, 75, p. 549.

et la streptomycine pour lequel nous avons noté parfois une certaine synergie entre les deux antibiotiques.

Quant au pouvoir bactéricide, il nous est apparu renforcé pour le mélange pénicilline + streptomycine, mais diminué pour les mélanges contenant l'auréomycine, la chloromycétine ou la terramycine qui ont une action bactéricide moins marquée que la pénicilline ou la streptomycine.

Ainsi, lorsqu'on utilise des mélanges d'antibiotiques dans lesquels les deux antibiotiques sont en proportions équivalentes, on ne constate entre eux aucune incompatibilité réelle. Il n'y a donc théoriquement aucun inconvénient à mettre en œuvre dans la pratique, chez le même malade, et simultanément, deux antibiotiques puisque, *in vitro*, chacun d'eux se comporte, dans les divers mélanges utilisés dans notre expérimentation, comme s'il était employé seul et que, par suite, les propriétés antagonistes des différents antibiotiques s'additionnent. Toutefois, il nous paraît intéressant, lors de l'association de deux antibiotiques, de choisir au moins un antibiotique ayant un pouvoir bactéricide élevé.

MICROBIOLOGIE. — *Changements de propriétés biochimiques et morphologiques des bactéries lactiques de l'ensilage*. II. *Hypothèse sur la nature du phénomène*. Note de M. **Benoît Wurtz** et Mlle **Rolande Mursch**, présentée par M. Roger Heim.

Dans une Note précédente (¹) nous avons indiqué les conditions dans lesquelles une souche de bactéries, que nous appelons provisoirement *protéolytiques* et considérons comme dérivant du *Streptobacterium plantarum*, fait retour au type initial. Nous avons cherché à préciser le mécanisme de cette transformation. On observe d'abord que les formes lactiques apparaissant dans les conditions indiquées précédemment (¹) ne sont pas susceptibles d'être repiquées. Ce fait peut s'interpréter ainsi : la forme protéolytique a perdu l'aptitude à synthétiser un ou plusieurs enzymes (ou parties d'enzymes) intervenant dans la production de l'acide lactique. Tant qu'elle trouve dans le milieu ayant servi de bouillon de culture aux formes lactiques les éléments nécessaires pour dégrader le glucose en acide lactique, elle se comporte comme la forme lactique type, et certaines cellules présentent tous les caractères morphologiques de celle-ci. Ces éléments épuisés, les cellules tendent à reprendre leur métabolisme initial, mais en raison de l'acidification du milieu, qu'elles ont provoquée elles-mêmes, elles ne le peuvent plus et meurent : effectivement au bout de 6-7 jours la culture est devenue stérile, comme le montre un repiquage

(¹) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 327.

sur bouillon peptoné glucosé, alors que dans ce milieu employé dans les conditions ordinaires, la vitalité des formes protéolytiques se maintient facilement de 1 à 2 mois.

Les essais précédents ont été complétés par les deux épreuves de contrôle suivantes, démontrant que l'apparition de formes lactiques et la production d'acide lactique attribuée aux protéolytiques n'est pas due en réalité à des bactéries lactiques provenant soit du milieu de culture insuffisamment stérilisé, soit d'une souillure de la semence protéolytique elle-même.

a. La 3ᵉ fiole du milieu préparé comme il a été dit [1], est maintenue à l'étuve à 22° : elle reste indéfiniment stérile (la 2ᵉ fiole sert pour les essais en double).

b. La souche protéolytique ayant servi aux essais est ensemencée en bouillon peptoné glucosé ajusté à pH 4,3 : si elle renfermait à titre de souillure des formes lactiques, celles-ci seraient en mesure de se développer, et elles seules (comme l'a montré un essai témoin réalisé en ensemençant dans un tel milieu un mélange renfermant une goutte de culture lactique pour neuf gouttes de culture protéolytique) : or, le milieu à pH 4,3, ensemencé exclusivement avec la souche protéolytique, reste indéfiniment stérile (tant à l'examen direct qu'au repiquage).

La seule explication qui convienne donc aux faits signalés, est d'admettre une transformation des bactéries lactiques du type *Sbm. plantarum*, en une forme ayant perdu l'aptitude à produire de l'acide lactique, la modification des propriétés biochimiques allant de pair avec des changements importants dans la morphologie. De tels phénomènes, quoique non signalés à notre connaissance pour les bactéries lactiques, ne sont pas isolés : Sevag [2] indique que des bac. butyriques perdent par vieillissement des enzymes tels que la catalase, qu'ils changent d'aspect et de caractères de colorabilité (de Gram positifs ils deviennent Gram négatifs). Des recherches d'ordre purement morphologique plaident dans le même sens : citons entre autres celles de Schmidt-Kehl [3] effectuées sur des cultures monocellulaires de Sarcines et démontrant la transformation réversible de la forme cocci Gram positifs en forme de bâtonnets Gram négatifs. De même Kruse [4] quoique opposé à la théorie généralisée du dimorphisme tel que l'envisagent Kuhn et Sternberg [5] admet que celui-ci existe dans certains cas (notamment pour les Sarcines).

Conclusion. — Nos essais apportent la preuve que dans certaines conditions les bactéries lactiques peuvent subir des transformations qui modifient

---

(2) *Zeitsch. f. Hyg. u. Infekt.*, **114**, 1933, p. 756.
(3) *Arch. f. Hyg. u. Bakt.*, **103**, 1930, p. 235.
(4) *Zeitsch. f. Hyg. u. Infekt.*, **115**, 1933, p. 1.
(5) *Zlb. f. Bakt.*, I, **121**, 1931, p. 113.

profondément leurs propriétés biochimiques et morphologiques normales. Les présentes recherches, dont le but a été d'établir la réalité du phénomène, n'en ont pas encore élucidé la nature. Les applications à l'étude des fermentations sont susceptibles de mener à des conséquences intéressantes tant au point de vue théorique que pratique, tel que la conservation des végétaux verts par fermentation lactique en silos, l'agent responsable des altérations n'étant en réalité que la forme « protéolytique » du *Sbm. plantarum*.

CANCÉROLOGIE. — *Nouvelle méthode de ciné-densigraphie étalonnée permettant le diagnostic différentiel du cancer du poumon.* Note (*) de M. **Maurice Marchal** et Mme **Marie-Thérèse Marchal**, présentée par M. René Leriche.

Ayant enregistré pour la première fois le pouls du poumon humain [1] dès 1945-1946, par une cellule photo-électrique en rayonnement X (travaux vérifiés et repris par l'École Américaine [2], nous avons appliqué cette méthode de ciné-densigraphie au poumon pathologique.

Avec Raoul Kourilksy, nous avons réussi en 1948-1949 [3] à montrer les *importantes* diminutions du pouls du poumon dans trois cas de cancer pulmonaire. Ces anomalies circulatoires n'ont une valeur diagnostique que si la pulsation du parenchyme est enregistrée proportionnellement au flux sanguin. Elles ont été confirmées depuis par l'angio-pneumographie. L'amplitude du pouls du poumon dépend des variables suivantes :

a. de la sensibilité de la cellule photo-électrique;

b. de la tension et de l'intensité du rayonnement utilisé;

c. du coefficient d'amplification de la chaîne;

d. de la distance d'irradiation;

e. de l'épaisseur du sujet irradié;

f. de son opacité atomique;

g. de la pulsatilité locale, c'est-à-dire de la quantité de sang lancée à chaque systole dans le territoire pulmonaire considéré. *b* et *d* sont faciles à déterminer. *c* est déterminé par un top de voltage connu. Pour *a*, nous avons remarqué depuis longtemps que la sensibilité de la cellule, outre ses variations connues, *change si elle est irradiée préalablement par les rayons X.*

(*) Séance du 16 juillet 1951.

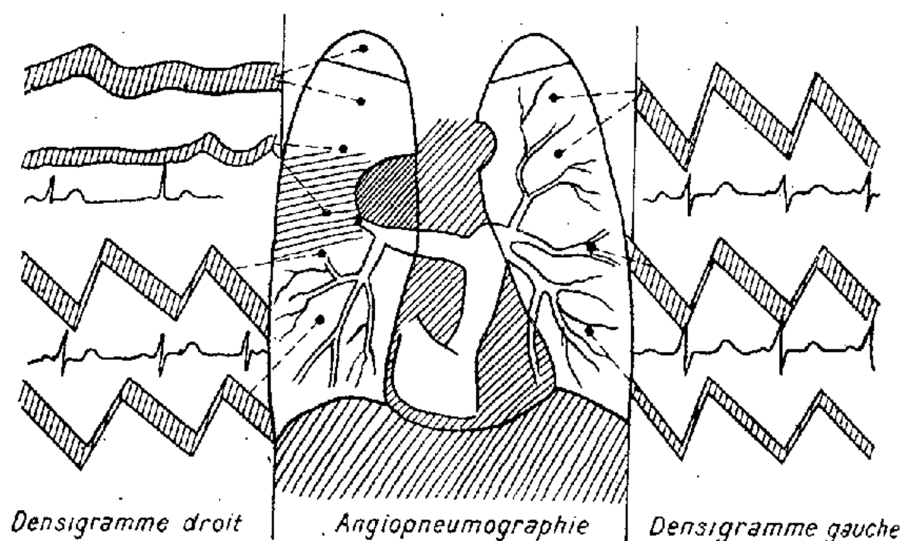
(1) M. Marchal, *Comptes rendus*, 1er avril 1946, et 20 mai 1946.

(2) R. Kourilsky, M. Marchal et J. Barcelo, *J. Médecine et chirurgie thoracique*, 111, n° 6, 1949.

(3) Aldo Luisada et Fleischner, Université de Boston, U.S.A.; Joseph Jorgens, Université de Minnesota; Stauffer, Temple University, Philadelphie; G. Dusaillant, Université de Bogota, Chili.

Un étalonnage était nécessaire. Nous l'avons réalisé en accouplant au multiplicateur d'électrons, une petite lampe à incandescence alimentée par une source continue stabilisée.

Nous commençons un enregistrement, en étalonnant le multiplicateur en lumière visible. Puis, nous fixons les facteurs b, c, d et e. Reste f, l'opacité atomique du sujet examiné. Elle est variable selon la région à enregistrer. On pourrait la déterminer avec une chambre d'ionisation; on procède plus simplement : le générateur X à quatre kénotrons, donne sur l'écran du multiplicateur, des fluctuations lumineuses à 100 périodes; l'amplitude de ces oscillations est proportionnelle à la quantité de rayons X reçue. Cette variation suit une loi connue ou facile à déterminer. Une région a laisse passer un pourcentage a' de la quantité des X incidents, tandis que telle autre laisse passer un pourcentage b'. Supposons $a' = 2\,b'$;



Cas de Kourilsky et Marchal, diagnostic : cancer hilaire supérieur droit.

A. *Densigramme.* Suppression de la pulsatilité du sommet droit et de la région para-hilaire droite. Vérification par le densigramme étalonné. Tout le reste des poumons bat normalement. Certaines régions sont plus opaques, par exemple la base gauche où la largeur du densigramme est moindre, d'où correction dans la mesure de l'amplitude pulsatile.

B. *Angiopneumographie.* On voit que les artères lobaires supérieures et moyennes droites sont imperméables, ce qui correspond aux données du ciné-densigramme.

l'amplitude pulsatile recueillie AP est AP pour a' et 1/2 AP pour b'. La quantité de sang traversant a et b est donc la même pour les deux régions. Si b donne 2AP, la quantité de sang d'une systole sera 4 fois plus grande dans la région b que dans la région a etc. et ceci en raison de l'absence de discontinuité d'absorption pour le rayonnement utilisé.

En pratique, deux moyens sont utilisables :

1° en enregistrant au préalable, sans filtre interposé, le 100 périodes reçu par le multiplicateur;

2° en filtrant partiellement de façon à laisser une résiduelle 100 périodes suffisante. Ainsi, nous enregistrons simultanément le pouls et son propre étalonnage. Cette méthode nous donne une quantité *relative.*

Si nous voulons obtenir une quantité *absolue,* nous irradions un fantôme pulmonaire pulsatile, artificiellement irrigué au même sythme que le

sujet selon une morphologie contractile analogue. Toutes choses égales, nous pouvons déterminer par analogie, la quantité de liquide de même opacité atomique que le sang qui a traversé le fantôme pour une même amplitude pulsatile et nous en déduisons la quantité de sang qui a traversé le segment pulmonaire dans l'unité systolo-diastolique.

Résultats. — Grâce à ces procédés, nous pouvons donner par voie photo-électrique en rayons X une indication précise de l'irrigation d'un territoire pulmonaire comparé à un autre, *même si ce dernier a une opacité radiologique différente du premier.*

Cette méthode a été appliquée par nous en collaboration avec Raoul Kourilsky dans le diagnostic *du cancer du poumon.* Tous nos diagnostics ont été vérifiés par angio-pneumographie et broncho-aspiration ou intervention. (*fig.* 1).

Conclusions. — 1° Il y a concordance entre le ciné-densigramme *étalonné* du poumon et l'angiopneumographie.

2° S'il y a une tumeur *bénigne* médiastinale, ou intra-parenchymateuse, la pulsatilité périphérique du parenchyme pulmonaire est conservée.

3° S'il y a une tumeur *maligne* (cancer du poumon ou cancer du médiastin) le territoire environnant n'est pas pulsatile [4].

4° L'étalonnage du ciné-densigramme est nécessaire pour déterminer la quantité de sang qui traverse le parenchyme.

5° Dans certains cas, s'il persiste une légère pulsatilité, il y a un retard chronologique par rapport au pouls normal du poumon.

Nous estimons que cette méthode de ciné-densigraphie étalonnée *permet le diagnostic du cancer du poumon à son début* et ceci par une simple séance de radioscopie sans intervention sanglante et pénible, telle que l'angio-pneumographie.

IMMUNOLOGIE. — *On ne trouve pas, dans les agglutinines, les caractères immunologiques de la globuline.* Note de MM. **Maurice Doladilhe, Pierre Legrand, Marcel Mazille** et **Charles Tourneur**, présentée par M. Gaston Ramon.

De l'avis de tous les auteurs l'anticorps est une globuline normale dotée, par l'immunisation, de la fonction anticorps sans que, pour cela, ses caractères propres de globuline en soient modifiés. Cette hypothèse est loin d'être confirmée pour les agglutinines; ces anticorps n'ont en effet aucun des caractères immunologiques de la globuline.

On admet actuellement que l'anticorps est une globuline normale [1]

---

[4] Notons que pour éviter la présence d'un spasme artériel, nous utilisons un vasodilatateur artériel pulmonaire avant l'enregistrement.

[1] Élie Wollman, *Nature chimique des anticorps*, Vigot, éditeurs, Paris 1943.

dotée par l'immunisation de la fonction anticorps qui s'ajouterait purement et simplement à ses caractères propres (2). Grabar (3) pense que la totalité ou la quasi totalité de la globuline est susceptible de subir cette transformation; Calman et Murray (4) affirment, au contraire, que c'est seulement la fraction γ qui est transformable en anticorps. Quoiqu'il en soit la conception d'une « globuline anticorps » trouve sa justification dans le fait qu'il n'a pas été possible, jusqu'ici, d'extraire du sérum sanguin une substance douée de la fonction anticorps qui ne soit, en même temps un antigène globulinique (5).

De récentes expériences nous obligent à reconsidérer cette question, tout au moins en ce qui concerne les agglutinines qui sont les seuls anticorps que nos possibilités matérielles nous ont permis d'étudier.

Voici en quoi consistent ces expériences :

Chaque sérum est soumis au fractionnement par le chlorure de plomb dont deux d'entre nous ont donné la technique détaillée dans une Note précédente (6).

Les rappels suivants de certains des résultats fournis par cette nouvelle méthode de fractionnement sont nécessaires à la clarté de cet exposé.

a. Contrairement aux méthodes usuelles de fractionnement le traitement par le chlorure de plomb précipite l'exacte totalité de la globuline et laisse, par conséquent, en solution, une albumine ne contenant plus de globuline ou, tout au moins, incapable de sensibiliser anaphylactiquement le Cobaye à la globuline (6).

b. Lorsque ce fractionnement (7) est appliqué à un sérum agglutinant on retrouve toujours dans l'albumine, de 40 à 60 % des agglutines. Ce transfert d'anticorps, ne peut s'expliquer qu'en supposant que la dénaturation brutale infligée à la globuline normale par l'ion plomb, s'exerce avec beaucoup moins d'intensité sur la « globuline anticorps » plus résistante dont une partie, ayant conservé ses caractères de solubilité, se dissoudrait dans l'albumine.

Pour déterminer si la « globuline anticorps » dissoute dans l'albumine possède encore le caractère « globuline » nous avons fait appel aux réactions anaphylactiques en recherchant si cette albumine est capable de sensibiliser anaphylactiquement le Cobaye à la globuline normale d'un sérum

(2) MACHEBOEUF, *Structure des anticorps; exposés annuels de Biochimie médicale*, **8**, 1948, p. 245.

(3) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **26**, 1944, p. 298.

(4) *Endeavour*, **10**, n° **37**, 1951, p. 27.

(5) SANDOR et GOLDIE, *C. R. Soc. Biol.*, **127**, 1938, p. 942 et **131**, 1939, p. 2654.

(6) DOLADILHE et LEGRAND, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1383.

(7) DOLADILHE et LEGRAND, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1766.

de même origine (ici : Lapin) que celui de l'immunsérum agglutinant expérimenté.

Nos expériences ont été conduites ainsi :

a. Par évaporation sous vide les solutions d'albumine sont ramenées au volume du sérum utilisé pour leur préparation; de cette façon leur richesse en agglutinines n'est jamais inférieure à 40 % de celle de ce sérum.

b. Pour chaque sorte de sérum agglutinant, les Cobayes mis en expériences sont au nombre de 10.

L'injection sensibilisante de 0,5 cm³ d'albumine concentré sous vide est faite par la voie intrapéritonéale;

c. 40 jours après, on procède à l'injection d'épreuve par voie endoveineuse ou intracardiaque. Pour cette injection on utilise, dans chaque série et par cinq Cobayes, 1 cm³ de sérum normal de Lapin ou 1 cm³ de globuline du même sérum séparée par le sulfate d'ammonium et ramenée au volume du sérum par concentration dans le vide.

Le tableau I donne pour des sérums agglutinants les bacilles typhiques ou para A et B un exemple des résultats obtenus.

TABLEAU I.

Réactions anaphylactiques préparées par l'albumine « anticorps » des sérums de Lapin agglutinants.

Éprouvés par	T.	P. A.	P. B.
Sérum normal de Lapin		Pas de choc	
Globuline normale de Lapin		Pas de choc	

L'absence de choc montre donc qu'il n'y a pas de globuline normale dans ces albumines riches de plus d'un tiers des anticorps de leur sérum. Si l'on admet, que la formation des agglutinines est identique à celle qu'on attribue aux autres anticorps on est obligé de conclure que pour elles, tout au moins, les modifications imprimées par l'immunisation à la globuline sont suffisamment profondes pour en détruire la personnalité immunologique.

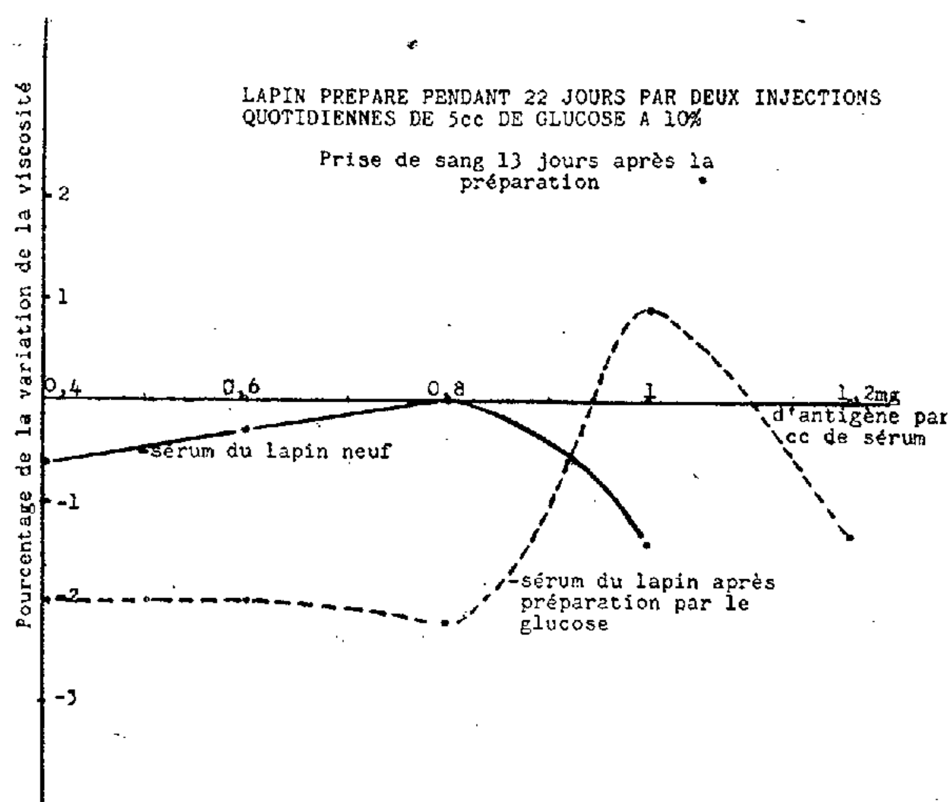
IMMUNOLOGIE. — *La structure du plasma sanguin et son adaptation spécifique à ses constituants normaux.* Note (*) de M. **Jean Loiseleur** et M[lle] **Muguette Sauvage**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le plasma sanguin possède une adaptation spécifique à ses constituants normaux. Le taux de cette adaptation spécifique peut être augmenté consécutivement à un traitement prolongé par une forte dose de l'un de ces constituants. L'existence de cette adaptation implique une structure étroite dans l'organisation des constituants plasmatiques.

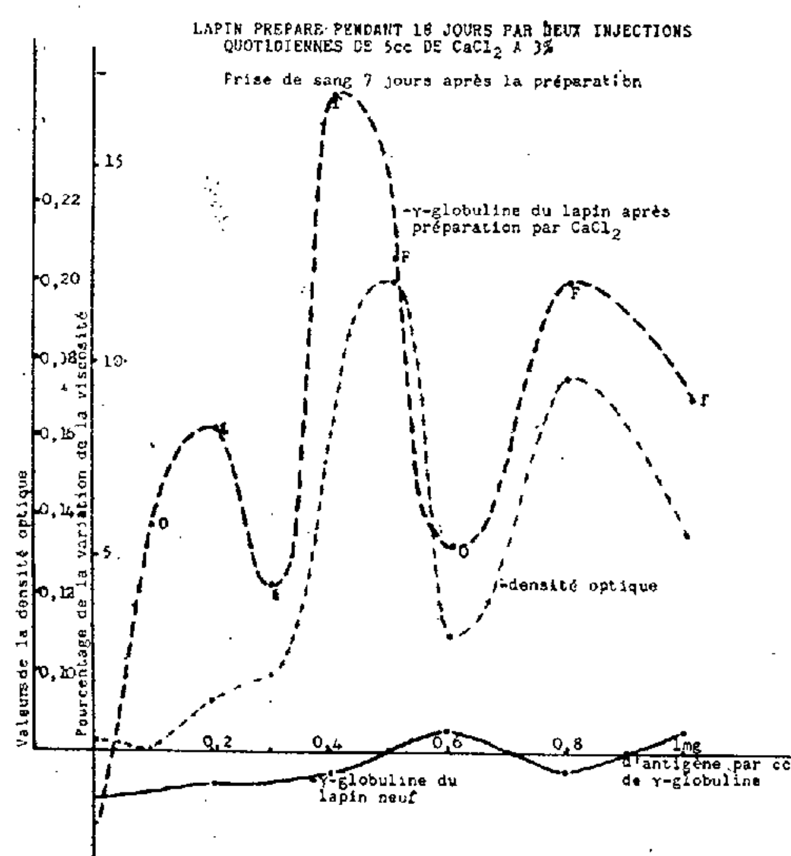
L'expérience montre que le plasma possède, pour ses éléments constitutifs

(*) Séance du 16 juillet 1951.

(glucose, NaCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$), une adaptation spécifique analogue à celle qui apparaît consécutivement à un traitement prolongé avec des éléments minéraux quelconques, tels que les chlorures de nickel ou de cobalt [1]. Pour



Courbe I. — Épreuve de viscosité sur le sérum avec le glucose avant et après la préparation de l'animal.



Courbe II. — Épreuve de viscosité sur la γ-globuline avec $CaCl_2$ avant et après la préparation de l'animal. (O, *f*, F, indiquent l'intensité des floculations.)

le chlorure de sodium, Jonnard [2] a déjà mis en évidence cette adaptation en étudiant les variations de l'indice réfractométrique du sérum en fonction de

(1) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 111.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, **121**, 1926, p. 341; **122**, p. 48.

la concentration saline. On connaît de même la spécificité étroite de certaines globulines pour le cuivre ([3]) ou pour le fer ([4]).

Notre technique consiste à soumettre le Lapin à un traitement prolongé par une forte dose de l'élément considéré. Le pouvoir de combinaison du sérum ou de la γ-globuline vis-à-vis de cet élément est mesuré par la technique de viscosité avant et après le traitement : l'écart de ces valeurs traduit l'augmentation du pouvoir de combinaison par rapport à sa valeur avant le traitement.

L'expérience (sur 17 animaux) est particulièrement probante avec le glucose (courbe I) et le chlorure de calcium (courbe II). La préparation de l'animal est prolongée pendant trois semaines, en injectant deux fois par jour, 5 cm^3 d'une solution de glucose ($C = 10$ %) ou de $CaCl_2$($C = 3$ %). Le sérum est prélevé, après un repos de 7 à 13 jours, à la fin du traitement. Par rapport à l'épreuve initiale, on constate pour le glucose (courbe I) une augmentation sensible dans l'épreuve de viscosité. Comme dans les expériences précédentes, le résultat de l'épreuve est plus important avec la γ-globuline. De plus, pour les animaux préparés avec $CaCl_2$, on observe constamment des floculations importantes qui restent localisées dans les maxima de la courbe de viscosité : les valeurs de la densité optique suivent étroitement les variations de la viscosité (courbe II).

L'existence de cette adaptation spécifique entraîne deux conclusions importantes. Tout d'abord, parmi toutes les propriétés anormales du plasma, la valeur très faible de sa viscosité, inférieure à celles de la sérum-globuline ou de la sérum-albumine considérées isolément, montre que les constituants plasmatiques sont répartis non au hasard, mais selon un arrangement — c'est-à-dire une structure liquide — défini. D'après nos expériences, cette adaptation intéresse également les molécules légères et même les éléments minéraux. D'autre part, il est à penser que cet arrangement et l'existence d'une réactivité définie du plasma vis-à-vis de chacun de ses constituants interviennent pour assurer la constance du taux de chacun des constituants du plasma.

([3]) KEILIN et MANN, *Proc. Roy. Soc.*, B. **125**, 1938, p. 187; B. **126**, p. 303.

([4]) HOLMBERG et LAURELL (d'après M. MACHEBOEUF, *Congrès français de Médecine*, XXVII[e] Session, Genève, 1949).

La séance est levée à 15 h 30 mn.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 AOÛT 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale un catalogue polycopié :

Haut Commissariat de la République française en Allemagne. Office militaire de sécurité. Bibliothèque tripartite de la Division scientifique. *Liste des Ouvrages. Liste des Périodiques.*

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur le fonctionnement de la trompe à eau.* Note de M. **RAYMOND-F. SIMONIN**, présentée par M. Henri Villat.

On sait que la théorie du fonctionnement de la trompe à eau en régime permanent repose sur l'application du théorème de Bernoulli à la veine motrice dans le convergent divergent. Son fonctionnement comme pompe à vide a lieu en régime d'écoulement transitoire complexe qui échappe à la loi de Bernoulli.

C'est la capillarité qui joue un rôle important depuis la mise en marche de la trompe jusqu'à l'établissement du régime permanent. La trompe est en effet un appareil d'émission discontinue de bulles d'air dans l'eau. Le volume d'une bulle d'air prélevé dans un récipient à vider de capacité C à la pression P_0 ne peut passer dans l'eau à la pression P_1 que par une compression préalable dans l'eau à une pression P_2 supérieure à P_1. L'excès de pression $\alpha = P_2 - P_1$ est aussi égal à $P_1 - P_0$. Le rayon des bulles évoluant dans l'eau à la pression P_1 est donné par la relation $b = 4A/\alpha$, A étant la constante capillaire de l'eau. L'énergie nécessaire pour extraire le gaz d'une bulle et l'amener à la pression P_1 est ainsi égale à son énergie potentielle restante, c'est-à-dire qu'il y a équipartition des énergies d'extraction et potentielle. De ce fait, le rendement mécanique d'une trompe à eau travaillant en pompe à vide a pour limite 0,5, et l'on voit qu'en régime transitoire, il y a quadripartition de l'énergie du jet.

L'étude de la formation des bulles est facilitée par la photographie ultra-rapide qui révèle dans l'eau au moment de la percussion du jet, une gaine ou sac d'air qui se forme au droit d'une courbe de gorge, emprisonnant l'air et amorçant le phénomène périodique stationnaire qui engendre des essaims de bulles. Les rayons de courbure principaux de la gaine d'air satisfont à la

rélation générale de Laplace $[1/R_1+1/R_2]A=\alpha$. Ces rayons de courbure doivent être égaux pour occlure un volume de gaz limité par une surface d'aire minima, correspondant à un travail minimum de la tension superficielle. La deuxième membrane hypothétique contractile des théories capillaires intervenant à ce moment de l'occlusion, engendre seulement une demi-bulle de rayon b. Cette surface hémisphérique s'appuie par son équateur à la surface du jet qui se tapisse ainsi d'hémisphères identiques jointifs, ce qui est également conforme à la photographie.

On voit que le convergent divergent ne joue aucun rôle dans la formation des bulles, et l'expérience prouve qu'on peut obtenir le même degré de vide en le remplaçant par un simple orifice en mince paroi, immergé et correctement calibré.

Si s est le périmètre du jet moteur au droit de la courbe de gorge, U la vitesse périphérique du jet, la surface libre du jet qui défile par seconde devant la courbe d'étranglement est $\Sigma=s.U$. Pour une répartition des hémisphères en carré, le nombre de bulles éjectées a pour valeur

$$\nu=\frac{Us}{8b^2}=\frac{sb}{4b^2}\,\frac{U}{2b}=\nu_1\nu_2,$$

ν_1 étant le nombre de bulles d'un collier autour du jet, ν_2 le nombre de colliers émis par seconde, ν est la fréquence d'émission des bulles. ν_1 est un nombre nécessairement entier. Au fur et à mesure que P_0 diminue, ν_1 varie par sauts brusques qui se traduisent par de brusques variations du débit gazeux et rendus visibles par les bonds de la colonne mercurielle indicatrice de P_0 quand la capacité C est faible.

Le débit d'air à la pression P_0 donné par la trompe a pour valeur

$$q_a=\frac{2\pi}{3}\Sigma A\frac{2P_1-P_0}{P_0(P_1-P_0)}.$$

En appliquant la loi de Mariotte, la compression étant isotherme, on trouve pour le temps nécessaire à vider le réservoir C la relation

$$t=\frac{3C}{2\pi A\Sigma}\left[P_0-P_1-P_1\,\mathrm{Log}\,\frac{2P_1-P_0}{P_0-\theta}\right],$$

θ étant la tension de vapeur de l'eau motrice.

Ces deux relations montrent l'égale importance des paramètres A et Σ dans le fonctionnement de la trompe à eau comme pompe à vide.

L'expérience vérifie la corrélation entre le débit d'air d'une part avec la constante capillaire A (addition de savon) et d'autre part avec l'aire de la surface libre du jet Σ qui défile par seconde dans la trompe à jet radial hyperbolique.

ASTROPHYSIQUE. — *La polarisation de la lumière renvoyée par les différentes régions de la surface de la planète Mars et son interprétation.* Note de M. **Audouin Dollfus**, présentée par M. Bernard Lyot.

De nouvelles mesures ont fourni les courbes de polarisation des taches de Mars, entre les phases 3° et 36°. Les régions claires sont analogues à la limonite pulvérisée. Les taches sombres diffèrent de nos étendues végétales, sauf peut-être de plantes microscopiques. Les nuages blancs sont des cristaux. Les brumes violettes rappellent celles de Vénus. Les calottes polaires ont au printemps la structure du givre en sublimation.

Pour étudier la polarisation de la lumière renvoyée par les petites taches de la surface d'une planète (¹), on doit observer celles-ci sans mélange de lumière, ce qui nécessite à la fois une grande lunette et une parfaite stabilité de l'atmosphère. A l'observatoire du Pic-du-Midi, la turbulence atmosphérique souvent réduite m'a permis d'obtenir en 1948 de nombreuses mesures sur Mars, avec la lunette de 60 cm, grossissement 950 et filtre orangé (²), (³). Deux nouveaux séjours, en janvier et avril-mai 1950 ont augmenté et étendu ces résultats jusqu'à V = 36°. J'ai étudié, au laboratoire et dans la Nature, les propriétés polarisantes de nombreuses substances, afin d'interpréter les mesures.

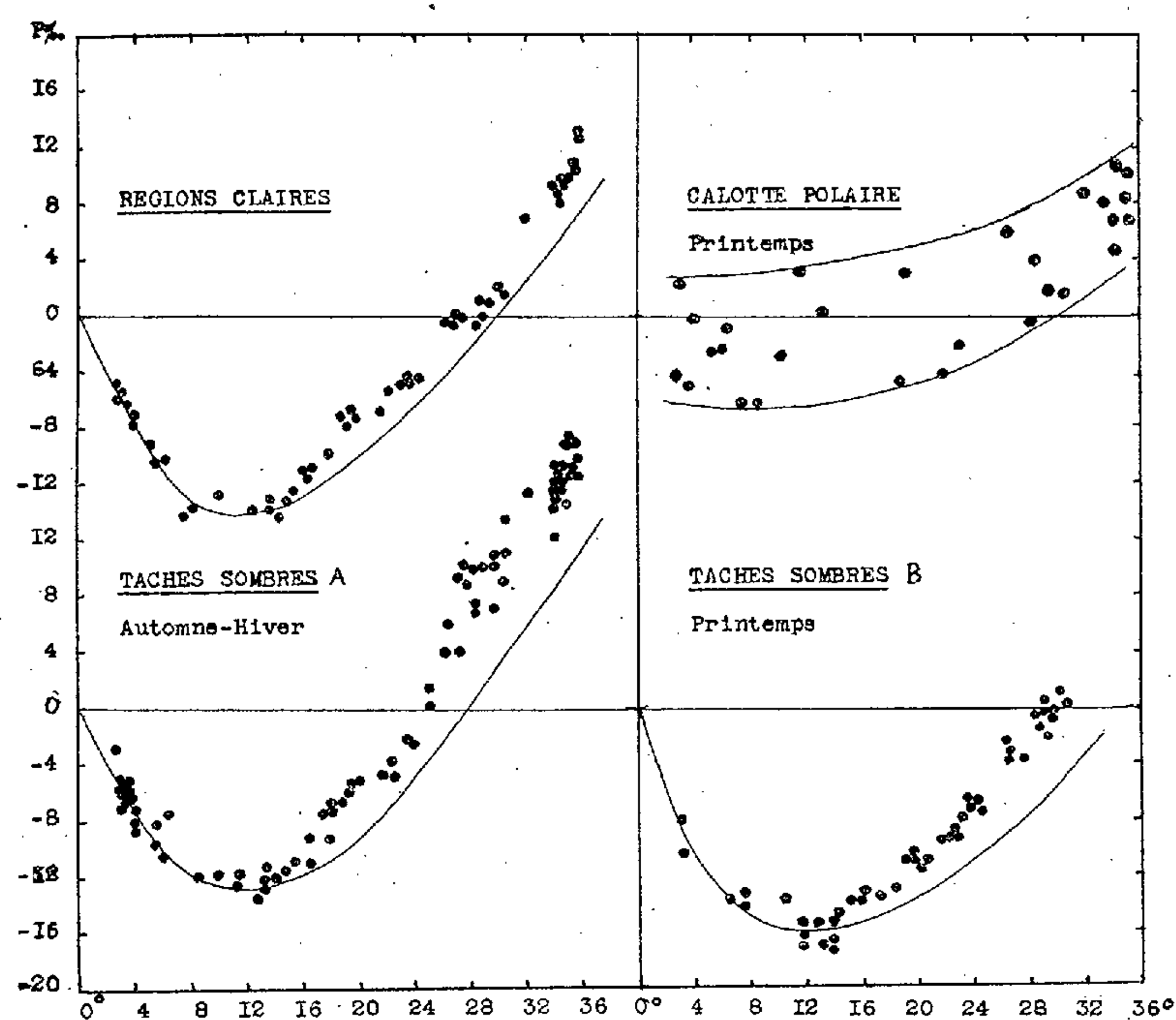
Régions claires. — Les étendues ocrées ont au centre du disque, en l'absence de brumes et correction faite de la polarisation de l'atmosphère martienne (⁴) la courbe de polarisation observation normale de la figure; celle-ci possède une branche fortement négative caractérisant une substance formée de petits grains très opaques juxtaposés (⁵). Elles ont en outre la polarisation par diffusion oblique déjà décrite (²), (⁴). Très peu de substances possèdent simultanément ces deux propriétés avec un angle d'inversion aussi élevé que 30°. Je les ai observées seulement sur un dépôt irrégulier de limonite pulvérisée ($2Fe_2O_3 3H_2O$) qui possède, en outre, même couleur et même pouvoir réflecteur.

Taches sombres. — Leur polarisation varie avec la saison martienne (²), les taches de l'hémisphère Nord passent de la courbe A à la courbe B au printemps, vers la longitude héliocentrique 150°; l'angle d'inversion dépasse alors celui de toutes les substances solides que j'ai analysées. J'ai comparé ces courbes à celles que fournissent des étendues végétales : les Phanérogames, les mousses, ont une polarisation positive et qui dépend beaucoup de l'obliquité des rayons.

(¹) B. Lyot, *Thèse de doctorat*, 1929; *Ann. Obs. Meudon*, **8**, p. 1.
(²) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 331.
(³) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 383.
(⁴) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1066.
(⁵) A. Dollfus et A. Cailleux, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1411.

Les lichens ont un angle d'inversion trop faible. La structure serait celle de très fins granules opaques, minéraux ou éventuellement constitués par certains types de plantes microscopiques, tels que des algues cryophites ou phéophycées.

Frange polaire. — Ce cerne noir qui semble entourer la calotte polaire lors de sa régression est constitué par les petites taches naturelles du sol, passagèrement assombries; sa polarisation, mesurée plusieurs fois grâce à l'excellente qualité des images, a une valeur négative encore plus forte que la courbe B, circonstance peut-être partiellement attribuable à des brumes sus-jacentes. Elle diffère totalement de celle que produirait une terre imbibée d'eau.



Mesures de polarisation pour les taches de Mars, et courbe de polarisation observation normale après correction de l'effet de l'atmosphère.

Voiles nuageux blancs. — Leur polarisation est identique à celle qu'on observe sur les nuages de cristaux de glace : ils possèdent pour $V = 10^\circ$ un minimum dont la valeur, voisine de $-20\,^\circ/_{\circ\circ}$, dépend beaucoup de l'opacité, et une inversion, voisine de 20°, qui dépend de la dimension des cristaux. Les régions polaires sont fréquemment recouvertes, au printemps, d'une brume très ténue, observable au polarimètre; leur inversion s'effectue vers 25°, indiquant des cristaux plus gros que les précédents.

Voiles nuageux violets. — Ces brumes déjà décrites ([3]) possèdent en orangé une polarisation d'abord positive dont le maximum, vers $V = 12^\circ$, dépend de l'opacité, qui s'annule vers $V = 25^\circ$, et devient négative; elles ressemblent

donc aux nuages de Vénus ([1]), formés de particules extrêmement fines, et qui possèdent des propriétés sélectives semblables.

Calotte polaire. — Les mesures de la figure sont toutes effectuées au printemps martien, elles sont souvent altérées par les voiles sus jacents. J'ai mesuré en montagne, dans les mêmes conditions d'éclairement, divers dépôts de neige, givre, gelée blanche, glace et verglas. Ceux-ci possèdent tous une polarisation positive beaucoup plus forte, en raison de la réfraction de la lumière dans les cristaux. J'ai formé, avec l'air liquide, des dépôts artificiels de gelée blanche, dans une enceinte à pression réduite à 6 cm/Hg comparable à celle de l'atmosphère martienne ([4]). Le rayonnement d'un arc électrique sublime une telle couche, sans fusion. En raison de l'absence du regel, sa surface devient finement granulaire, et acquiert, par suite de la diffusion, une polarisation qui est en tout point semblable à celle des calottes polaires. Les taches brillantes du bord de la calotte ([3]) ont une polarisation beaucoup trop forte, il faudrait les attribuer à des concentrations nuageuses locales, provoquées par le relief martien.

CHALEUR. — *Échelles thermométriques et coefficients de dilatation.* Note (*) de M. **Jésus Marie Tharrats Vidal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans des Notes précédentes ([1]) et ([2]) nous avons donné une théorie de la dilatation des corps par la chaleur fondée sur une mécanique projective. Afin d'introduire dans les théories classiques de la dilatation les résultats que nous avons obtenus, on doit d'abord introduire le thermomètre; or comme les thermomètres mesurent des dilatations de volume (encore que l'échelle soit linéaire), nous allons chercher le rapport entre les dilatations de deux volumes des corps distincts.

Tenant compte des formules (1) et (2) de ([2]), on a (puisque sont presque linéaires)

$$\frac{V}{V_0} = \mathcal{J} = \frac{3A\lambda + 1}{3C\lambda + 1}, \qquad \mathcal{J}' = \frac{3A'\lambda + 1}{3C'\lambda + 1}.$$

Et comme les jacobiens $\mathcal{J}$ et $\mathcal{J}'$ sont des nombres qui décrivent des échelles projectives, on a

$$\mathcal{J}' = \frac{A_{11}\mathcal{J} + A_{12}}{A_{21}\mathcal{J} + 1}. \tag{1}$$

Remarquons qu'on doit comparer toujours des corps à pression nulle (pour satisfaire au postulat III); les thermomètres à gaz ne sont donc valables qu'en

(*) Séance du 23 juillet 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2397 et **233**, 1951, p. 24.

([2]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 228.

faisant l'extrapolation jusqu'au zéro des pressions; donc notre théorie ne s'applique qu'à l'échelle thermodynamique de températures ou à des échelles des liquides ou des solides.

(1) donne la relation entre les échelles θ et θ' de deux thermomètres

$$\theta' = \frac{M\theta + N}{P\theta + 1}.$$

C'est-à-dire les échelles de deux thermomètres de substances distinctes forment des séries projectives entre elles.

Nous avons pu vérifier cette conclusion à partir des résultats de Wülner [3]. Nous avons pris un point et son homologue (20 et 19,876) et les points unis 0 et 100; voici les résultats :

Therm. à air.	Therm. à Hg (Wülner).	Calculé (sans correction).	Calculé (*).
0.............	0	0	0
20.............	19,88	19,88	19,88
40.............	39,81	39,98	39,81
60.............	59,81	59,98	59,81
80.............	79,88	79,98	79,88
100.............	100,00	100,00	100,00
140.............	140,51	140,05	140,41
200.............	201,96	200,12	201,43
280.............	285,42	282,50	285,80
300.............	306,58	303,00	307,00

(*) Correction du thermomètre à air à l'échelle thermodynamique, correction pour l'azote [4].

Introduisant l'influence de la dilatation du verre, on obtient pour la différence entre les deux échelles $\varepsilon = \bar{\theta} - \theta = -\theta(\theta^2 + 2B\theta + D)/(\theta^2 + 2Q\theta + R)$. Dans cette correspondance il y a trois points unis et l'on a $\lim_{\theta \to \infty} \varepsilon = -\infty$ d'accord avec les tables de correction des échelles de mercure dans différents verres pour obtenir l'échelle thermodynamique [4].

Lois de dilatation par rapport à un thermomètre. — La loi (1) nous donne $v = v_0(A\theta + 1)/(C\theta + 1)$, θ étant la température définie au moyen d'un thermomètre, on a donc

$$l = l_0 \sqrt[3]{\frac{1 + A\theta}{1 + C\theta}}; \tag{2}$$

(2) c'est la loi de dilatation qu'on doit prendre au lieu de la formule du binome ou des développements en séries.

Identifiant (2) avec $l = l_0(1 + \alpha\theta)$, on obtient

$$\alpha = \frac{1}{\theta}\left(\sqrt[3]{\frac{1 + A\theta}{1 + C\theta}} - 1\right), \tag{3}$$

(3) *Lehry buch der Experimentalphsik*, Bd. II, p. 77.

(4) *Handbook of chemistry and Physics*, C. D. Hodgmon, 18e édit.

mais un coefficient vrai de dilatation est $\bar{\alpha} = (1/l)(dl/d\theta)$, et donc

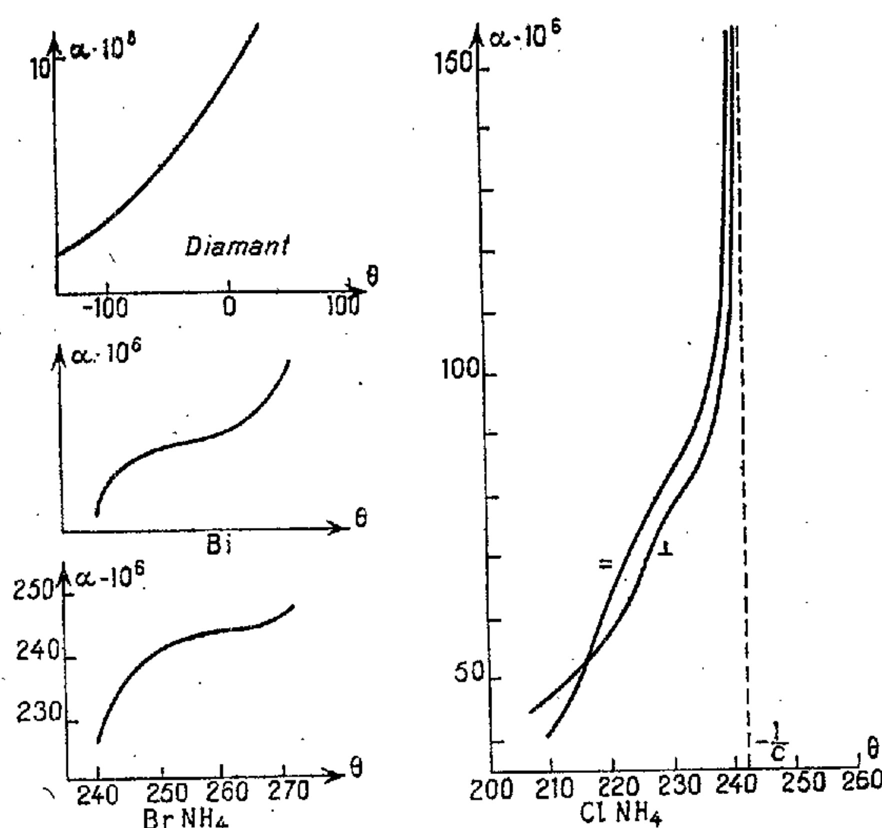
$$(4) \qquad \bar{\alpha} = \frac{1}{3}\frac{A - C}{(1 + A\theta)(1 + C\theta)}.$$

Posons $\alpha = y$ et $\theta = x$ et l'on obtient pour (3) une courbe de 6e ordre :

$$(5) \qquad Cy^3x^3 + y^3x^2 + 3Cy^2x^2 + 3y^2x + 3Cyx + 3y + (C - A) = 0,$$

et pour (4) une cubique :

$$(6) \qquad ACyx^2 + (A + C)yx + y - \frac{1}{3}(A - C) = 0.$$



Nous avons dessiné quelques courbes avec des tables de dilatation (5) et (6), et elles ont toujours les formes (5) ou (6).

CHALEUR. — *Convection thermique avec utilisation d'une paroi mobile.* Note (*) de M. **Charles Bory**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons étudié dans une Note précédente (1) le phénomène aérodynamique qui s'observe lorsqu'un courant fluide s'écoule parallèlement à un demi-plan solide de trace OAx, celui-ci étant immobile sur sa partie OA de longueur l et animé, au delà de A, d'un glissement sur lui-même de vitesse u_0 égale à celle du fluide au loin. Nous supposerons maintenant que ce dernier et

---

(5) *Handbuch der Experimentalphysik*, Bd III, Ausdehnung von Diaman.

(6) Ch. Marie, *Tables internationales des constantes*, vol. 5, 6 et 10.

(*) Séance du 30 juillet 1951.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 350 et Favre, *Pub. sc. et techn. Min. de l'Air*, fasc. 137.

la partie fixe OA de la paroi sont à la température θ_0, la partie mobile Ax étant maintenue à une température uniforme égale à 0°. Utilisant les variables de Lagrange nous attacherons à chaque point M les coordonnées x, y, t; l'origine étant en A, l'axe des y perpendiculaire à Ax et le temps t attaché à une particule représentant la durée qui s'écoule entre ses passages aux abscisses O et x. x et t sont reliés par les relations

$$(1) \qquad x=\int_0^t u\,dt \quad \text{et} \quad t=\int_0^x \frac{dx}{u},$$

où u est la vitesse.

Admettant les approximations discutées dans la Note précédente, l'équation indéfinie de la chaleur s'écrit avec les notations usuelles

$$(2) \qquad \frac{\partial\theta}{\partial u_0 t}=a^2\frac{\partial^2\theta}{\partial y^2}, \quad \text{avec} \quad a^2=\frac{\lambda}{c\rho u_0};$$

les conditions aux limites sont : $\theta=0$ pour $y=0$ quel que soit t, et $\theta=\theta_0$ pour $t=0$ et $y=\infty$. L'intégrale de (2) satisfaisant à ces conditions est

$$(3) \qquad \frac{\theta}{\theta_0}=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\frac{y}{4a\sqrt{u_0 t}}} e^{-\alpha^2}\,d\alpha.$$

Nous avons calculé le rapport θ/θ_0 pour une suite de valeurs de y et t, et faisant appel à la correspondance entre t et x définie par la première relation (1) [2], nous avons obtenu la répartition des températures dans la couche limite thermique; le tableau suivant donne un résumé des résultats. [Le fluide est l'air, $s=x/l$ et $z=y/\delta$, δ est l'épaisseur de la couche limite à l'abscisse l].

z. s.....	0,25.	0,50.	1.	2.	4.
0,1.......	0,41	0,31	0,23	0,18	0,14
0,5.......	0,99	0,96	0,87	0,72	0,61
0,9.......	1	1	1	0,99	0,97

Le calcul de la valeur à la paroi du gradient $(\partial\theta/\partial y)_x$, où l'indice x indique la coordonnée qui reste constante dans la dérivation partielle, conduit au coefficient local de convection. Il est le même que pour un fluide qui, glissant sur la paroi, aurait en tous points la vitesse u_0. Ainsi, quelle que soit la longueur du carénage fixe $OA=l$, la convection est la même, et elle a lieu comme en fluide parfait.

Revenant à l'équation (2) nous remarquerons qu'elle ne dépend pas explicitement du champ des vitesses; il en est de même de son intégrale (3) qui, pour les conditions aux limites imposées, résout donc le problème de façon générale. La loi de répartition des vitesses n'intervient que dans le retour aux variables d'Euler par les équations (1).

---

(2) Pour cette correspondance, voir *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 350.

Nous pouvons encore exprimer cette remarque de la façon suivante : posons $x' = u_0 t$ et faisons la transformation

$$y = y', \qquad x = \int_0^{x'} \frac{u}{u_0} dx'.$$

L'équation indéfinie (2) devient celle de la convection forcée en fluide parfait et (3) est la solution qui en a été donnée par Boussinesq pour les conditions aux limites précitées. Il serait donc séduisant d'utiliser cette généralisation qui ramène des cas plus compliqués à un problème de fluide parfait si sa portée n'en était réduite du fait des difficultés qui se présentent lorsque la paroi est fixe : 1° les approximations qui simplifient l'équation indéfinie ne sont plus valables au voisinage de la paroi où les termes négligés deviennent infinis devant le terme conservé; 2° la paroi est transformée en l'arête O, ce qui rend inexprimable de façon simple les conditions aux limites ainsi que le calcul du coefficient de convection par détermination de la composante normale du gradient de température. Cette dernière difficulté peut être tournée en calculant l'échange thermique entre l'arête et l'abscisse x par l'intégrale

$$q = \int_0^{\infty} \rho c u (\theta_0 - \theta)\, dy,$$

prise à x constant, selon un procédé classique.

Nous avons appliqué cette méthode à la résolution du problème du refroidissement du demi-plan fixe avec phénomènes dynamiques et thermiques débutant sur l'arête, problème pour lequel la solution est déterminable par des procédés assez rigoureux. Nous avons retrouvé les lois du phénomène en ce qui concerne leur forme, mais des divergences importantes se présentent sur les coefficients numériques (de l'ordre de 20 %), les valeurs relatives étant cependant respectées. Après cette étude il nous semble que, sans prétendre à la rigueur, et à condition d'apporter dans l'application les précautions voulues, l'utilisation des variables de Lagrange puisse rendre des services dans les cas où les méthodes plus exactes sont impossibles ou trop pénibles.

MAGNÉTISME. — *Sur le paramagnétisme des solutions de sulfate cuivrique.* Note de Mlle **Paulette Berthier**, MM. **Clément Courty** et **Jean Gauthier**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Les travaux concernant les ions Cu^{++} conduisent, d'après F. Birch (1), à un moment magnétique $\mu \leq 10$ magnétons de Weiss. Cependant, Cabrera et Moles (2), puis Cherbuliez (3), constatent une augmentation du paramagné-

(1) *Journal de physique*, IX, 6, 1928, p. 136.
(2) *Trabajos del Lab. Inv. Fis.*, n° 5, 1914 et n° 83, 1919.
(3) *Thèse*, Zurich, 1916.

tisme de l'ion quand la dilution augmente, tendant vers la valeur 10 à concentration nulle.

Une étude systématique des solutions aqueuses de SO_4Cu pur nous a montré que :

1° Le coefficient d'aimantation χ de SO_4Cu dissous vers 20° C valait $+10,5.10^{-6}$ et le coefficient moléculaire, χ_m, $+1675,8.10^{-6}$. Si l'on déduit de ce dernier le diamagnétisme de l'ion SO_4^{--} [$-33,6.10^{-6}$ d'après Pascal (4)] et celui sous-jacent du cuivre (-18.10^{-6} d'après Birch pas trop éloigné du diamagnétisme de l'ion Cu^+ que l'un de nous a mesuré (5), soit $-19,26.10^{-6}$], on trouve $10^6\chi Cu^{++} = +1727,4$ qui correspond à 2,03 magnétons de Bohr et 10,08 magnétons de Weiss.

2° La croissance du paramagnétisme avec la dilution s'est nettement précisée, mais, extrapolé pour la concentration nulle, le χ de SO_4Cu dissous est au moins de l'ordre de $+15.10^{-6}$, soit un χ_m de 2394.10^{-6}, et, pour l'ion Cu^{++}, $10^6\chi_{Cu^{++}} = +2445,69$ ou 2,42 magnétons de Bohr et 12,04 magnétons de Weiss. Mais il n'est pas certain que cette extrapolation ait un sens, car il se pourrait qu'extrêmement dilué, SO_4Cu possédât un coefficient d'aimantation bien supérieur à $+15.10^{-6}$. Rappelons que l'oxyde ferrique rhomboédrique extrêmement dilué (quelques millièmes de milligramme dans un volume de l'ordre du centième de centimètre cube) a donné à l'un de nous (6) $10^6\chi = +69.000$, alors qu'en masse, $\chi \# 20.10^{-6}$; que le manganèse en masse aurait, d'après Cheneveau, Geneau et Hadfield, (7), un coefficient de $+11.10^{-6}$ à 18°C, alors qu'en amalgame Bates et Zai (8) lui attribuent $\chi = +250.10^{-6}$.

Les molécules très dispersées sont, naturellement, plus faciles à orienter dans le champ magnétique.

3° Nos mesures, enfin, confirment une additivité acceptable entre les χ de l'eau et de SO_4Cu jusqu'aux concentrations supérieures à 4,5 % environ. Au-dessous la croissance signalée ci-dessus est remarquable. L'hydrolyse légère que donne SO_4Cu à froid et en solution diluée ne saurait être en cause car elle diminuerait le paramagnétisme du corps dissous; il suffit de consulter les travaux de O. Binder (9) ou de L. Lecuir (10) pour s'en convaincre.

Dans les colonnes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 du tableau suivant figurent nos résultats. Les dosages des solutions ont été faits par voie électrolytique, les masses spécifiques sont en bon accord avec celles déterminées avec une très grande

(4) *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 144.
(5) C. Courty, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1929.
(6) C. Courty, *Comptes rendus*, 1936, **203**, p. 369 et **206**, 1938, p. 911.
(7) *Comptes rendus*, **166**, 1918, p. 166.
(8) *Proc. Phys. Soc. London*, **48**, 1936, p. 795.
(9) *Ann. de chimie*, **11**, (5), 1936, p. 337.
(10) *Ann. de chimie*, **11**, (15), 1941, p. 33.

précision par J. N. Pearce et G. G. Pumplin ([11]), les χ de la dernière colonne ont été calculés avec les χ à 20° C (déduits par la loi de Curie des χ de la colonne 6); on remarquera, ce qui était à prévoir, que ces χ diffèrent peu de ceux de la colonne 5 pour les faibles concentrations seulement (influence peu marquée de la température).

1. SO_4Cu % en poids.	2. t (°C).	3. Masses spécifiques.	4. Molalités.	5. $10^6 \chi$ solution.	6. $10^6 \chi SO_4Cu$ diss.	7. $10^5 \chi SO_4C$ diss.	8. $10^6 \chi$ solution.
18,11.....	22,5	1,2062	1,386	1,256	10,19	10,3	1,276
17,44.....	24,5	1,1979	1,324	1,180	10,17	10,3	1,202
16,47.....	20	1,1895	1,236	1,140	10,57	10,6	1,144
16,44.....	17,5	1,1856	1,233	1,090	10,29	10,2	1,075
15,37.....	28	1,1687	1,138	0,943	10,10	10,5	1,004
14,86.....	16	1,1677	1,093	0,948	10,50	10,4	0,932
13,55.....	18	1,1500	0,982	0,816	10,61	10,5	0,800
12,14.....	19	1,1342	0,866	0,657	10,62	10,6	0,654
11,13.....	20	1,1203	0,785	0,494	10,19	10,2	0,495
10,41.....	20,5	1,1106	0,728	0,421	10,24	10,3	0,427
9,16.....	21	1,0965	0,632	0,290	10,30	10,3	0,289
8,42.....	22	1,0890	0,576	0,218	10,42	10,5	0,225
7,64.....	22,5	1,0810	0,518	0,127	10,36	10,4	0,129
7,01.....	23	1,0720	0,472	0,073	10,59	10,7	0,080
5,93.....	24	1,0601	0,395	−0,057	10,46	10,6	−0,048
5,40.....	24	1,0547	0,357	−0,114	10,50	10,6	−0,108
4,47.....	22	1,0453	0,293	−0,215	10,58	10,6	−0,214
4,44.....	23	1,0442	0,291	−0,209	10,79	10,9	−0,204
3,38.....	23	1,0331	0,219	−0,323	11,02	11,1	−0,320
2,38.....	23	1,0223	0,152	−0,435	11,25	11,4	−0,431
1,46.....	24	1,0118	0,0927	−0,556	10,65	10,6	−0,555
1,11.....	23	1,0091	0,0705	−0,587	11,37	11,4	−0,586
0,849....	22	1,0071	0,0536	−0,591	14,57	14,6	−0,590
0,568....	23	1,0043	0,0358	−0,632	14,92	14,9	−0,631
0,450....	24	1,0024	0,0283	−0,651	14,81	14,8	−0,650
0,251....	22,5	1,0003	0,0157	−0,682	14,54	14,5	−0,682

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Caractéristique spectrale des photocathodes antimoine-césium dans l'ultraviolet jusqu'à* 1500 Å. Note (*) de M. **Vladimir Schwetzoff** et Mme **Simone Robin**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'accord est loin d'être unanime sur une propriété aussi fondamentale que la sensibilité spectrale des photocathodes à « alliage antimoine-césium » et comme d'autre part il n'existe à notre connaissance aucune donnée publiée au-dessous de 2 000 Å, nous exposons ici les résultats de nos mesures faites jusque

([11]) *J. Am. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 1221.

(*) Séance du 23 juillet 1951.

vers 1 500 Å à l'aide d'un monochromateur à vide ([1]) sur des cellules à vide que nous avons fabriquées et sensibilisées au laboratoire.

Les deux données les plus caractéristiques à considérer sont les longueurs d'onde du seuil et du maximum de sensibilité. Pour ce qui est du maximum (à énergie constante), Görlich (1936) le situe entre 4 200 et 4 600 Å et montre l'influence de l'oxygène, Janes et Glover (1941) le trouvent à 3 750 Å, Sommer (1943) à 4 600 Å, Khlebnikov et Melamed ([2]) donnent d'abord une courbe très accidentée (maxima à 3350 et 2950 Å, minima à 3 650 Å et 3150 Å), mais trouvent ensuite contradictoirement ([3]) un palier presque plat entre 3000 et 3 800 Å et à peine un point d'inflexion à 4 000 Å. Lallemand ([4]) indique un premier maximum vers 4 750 Å, un autre vers 3 900 Å, enfin un troisième très aigu à 3 200 Å venant après un minimum très accusé à 3 400 Å. Engstrom ([5]) retrouve l'allure de Janes et Glover, mais avec le maximum vers 3 400 Å. Barstchevsky ([6]) trouve un seul maximum à 3 650 Å. Enfin Vassy et Cazalas ([7]) purifient soigneusement l'antimoine et trouvent un maximum à 4 500 Å. Le désaccord sur la position du seuil est grand également (entre 6 000 et 7 000 Å).

Les contradictions peuvent s'expliquer sans doute par la présence d'impuretés fortuites ou intentionnelles (sensibilisation par l'oxygène), ainsi que par l'absorption variable de l'ultraviolet par les différents verres.

Aussi avons-nous employé des substances pures en renonçant à la sensibilisation par l'oxygène, afin de pouvoir étudier la sensibilité du composé Sb-Cs pur. D'autre part, la cellule est munie d'une fenêtre soufflée en quartz « homosil » dont la transparence mesurée avant montage va jusque vers 1500 Å ([8]). Après un étuvage soigné à 400° C sous vide secondaire, une couche presque opaque de Sb fut déposée sur la paroi platinée de l'ampoule de verre et sensibilisée par le Cs à 180° C jusqu'au maximum de sensibilité photoélectrique.

Dans ces conditions la sensibilité globale pour un filament de tungstène à une température de couleur de 2550° K est de l'ordre de 12 μA : lumen (on sait qu'elle peut être fortement accrue par sensibilisation à l'oxygène). Le courant d'obscurité est de l'ordre de 10^{-13} A : cm^2.

La figure représente les résultats obtenus (source : lampe à hydrogène à fenêtre de fluorine. Dispersion monochromateur : 17 Å : mm, fentes : 0,6 mm).

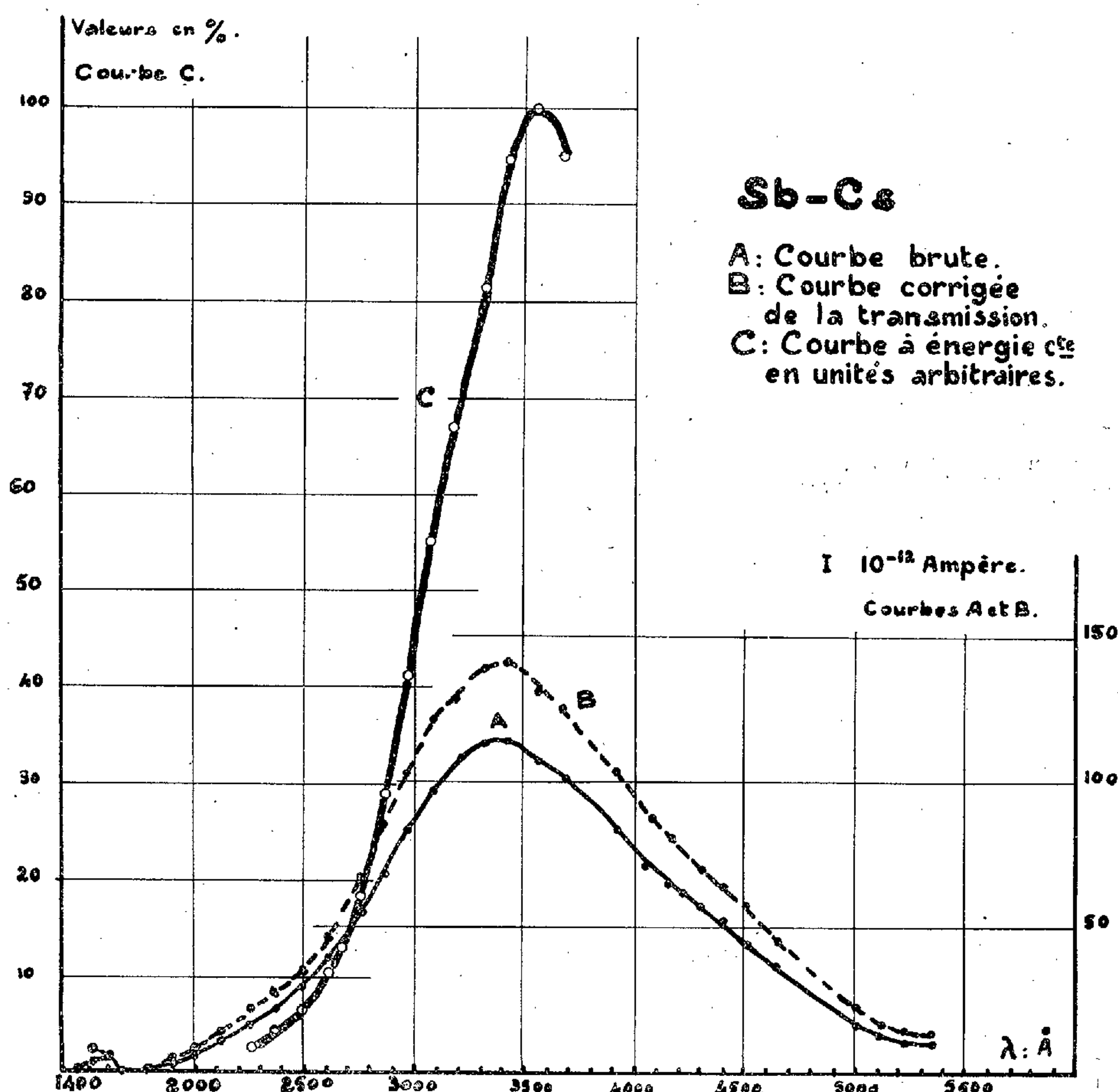
La répartition spectrale de la source étant connue entre 2 200 et 3 400 Å ([9]),

---

([1]) Mme S. Robin et B. Vodar, *J. Phys. Rad.*, **12**, 1951, p. 634.
([2]) *Zh. tech. Fiz.*, **14**, 1944, p. 385.
([3]) *Bull. Acad. Sc. U. R. S. S.*, **8**, 1944, p. 309.
([4]) *Techniques de Laboratoire C. N. R. S.*, **1**, 1947, p. 308.
([5]) *J. Opt. Soc. Amer.*, **37**, 1947, p. 420.
([6]) *Zh. Techn. Fiz.*, **18**, 1948, p. 1230.
([7]) E. Vassy, *Elettronica*, **5**, 1950, p. 55.
([8]) Mlle A. Gilles, R. Biuplé, J. Romand et B. Vodar, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 376.
([9]) G. Déjardin et Mlle R. Schwegler, *Rev. d'Optique*, **13**, 1934, p. 313.

où la transmission du monochromateur l'est également, il nous est possible d'en tenir compte pour tracer la courbe (C) à énergie constante en unités arbitraires à partir de la courbe corrigée (B) déduite de la courbe (A) relevée à l'aide d'un électromètre à quadrants A. O. I. P.

La courbe de réponse énergétique ne comporte dans l'étendue spectrale



considérée qu'un seul maximum à 3 550 Å, car le maximum observé à 1 600 Å sur la courbe brute est dû aux raies intenses de l'hydrogène.

Nous croyons pouvoir conclure que les contradictions relevées entre les différents auteurs doivent s'expliquer par la présence d'impuretés fortuites ou intentionnelles, mais il reste à savoir si le déplacement du maximum est uniquement dû à la nature de ces impuretés ou bien si leur présence détermine la formation de composés intermétalliques Sb-Cs différents et parfois mélangés.

Quoi qu'il en soit, nous trouvons que la sensibilité spectrale de la cathode Sb-Cs telle que l'avons obtenue, c'est-à-dire dépourvue d'oxygène

mais comportant probablement un excès de Cs [10] présente une allure régulière avec un seul maximum vers 3550 Å. Nous remarquerons particulièrement la chute du côté des courtes longueurs d'onde et l'absence inattendue de l'effet « normal ».

Malgré cela, cette cellule photoélectrique peut détecter le rayonnement ultraviolet jusqu'à 1500 Å.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Détermination expérimentale du spectre d'énergie de l'électron de désintégration du méson* μ. Note de MM. **André Lagarrigue** et **Charles Peyrou**, transmise par M. Louis Leprince-Ringuet.

Les résultats relatifs à la mesure à la chambre de Wilson de l'énergie de 150 électrons de désintégration du méson μ sont exposés. Le spectre théorique le mieux adapté aux résultats expérimentaux est déterminé statistiquement. Les spectres des électrons positifs et négatifs sont donnés séparément et la possibilité d'une différence entre ces deux spectres est discutée.

Dans une publication antérieure [1] nous avons décrit une expérience destinée à déterminer le spectre d'énergie des électrons de désintégration du méson μ par mesure de courbure à la chambre de Wilson, et donné les premiers résultats avec leur discussion complète. Le dispositif expérimental est très analogue à celui utilisé par Leighton, Anderson et Sériff [2] dans le même but. 150 mesures ont été retenues (précision moyenne : 6 %).

Michel [3] a montré que dans le cas de la désintégration du méson μ en un électron et 2 neutrinos, les spectres théoriques (*fig.* 1 *a*) peuvent se représenter avec une très bonne approximation par la formule suivante à 2 paramètres :

$$P(E) = \frac{4}{W^4}\left[E^3\left(\frac{8}{3}\rho - 3\right) + E^2 W(3 - 2\rho)\right] \qquad 0 < \rho < 1,$$

où $P(E)dE$ est la probabilité d'obtenir un électron d'énergie comprise entre E et $E + dE$. W est l'énergie limite du spectre, c'est-à-dire la moitié de l'énergie de masse du méson μ. ρ est un paramètre qui dépend du type d'interaction entre μ, e, ν, ν_1. Tous les spectres possibles sont compris entre les spectres $\rho = 0$ et $\rho = 1$. L'ordonnée du spectre pour $E = W$ est proportionnelle à ρ.

Dans notre publication antérieure [1], nous avons indiqué une méthode statistique, pour calculer à partir des résultats expérimentaux, soit ρ quand on

---

[10] W. Veith, *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 507.

[1] A. Lagarrigue et C. Peyrou, *Journ. Phys. radium* (sous presse).

[2] *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1.432.

[3] *Proc. Phys. Soc.* LXIII, 1950, p. 514, et *Nature*, 163, 1949, p. 959. *Voir* aussi Tiomno et Wheeler, *Rev. Mod. Phys.*, 21, 1949, p. 141.

connaît W (c'est-à-dire la masse du méson μ), soit ρ et W indépendamment de toute connaissance préalable de la masse du méson μ. Cette méthode appliquée aux 150 mesures retenues donne $W = 55,3^{+3}_{-2}$. Une seule mesure d'énergie $(56,7 \pm 3)$ dépasse cette valeur limite. De la valeur de W, on déduit pour la masse du méson $\mu : M_\mu = 217^{+12}_{-8}$ en bon accord avec les mesures directes de M_μ ([4]), ([5]), ([6]).

Si l'on prend W = 55 MeV, la méthode statistique nous donne $\rho = 0,23 \pm 15$. Le spectre théorique ainsi déterminé est représenté sur la figure 1 *b* avec les points expérimentaux et leurs erreurs statistiques. La courbe en pointillé est le spectre théorique déduit des résultats de Leighton et al. ([1]). La méthode

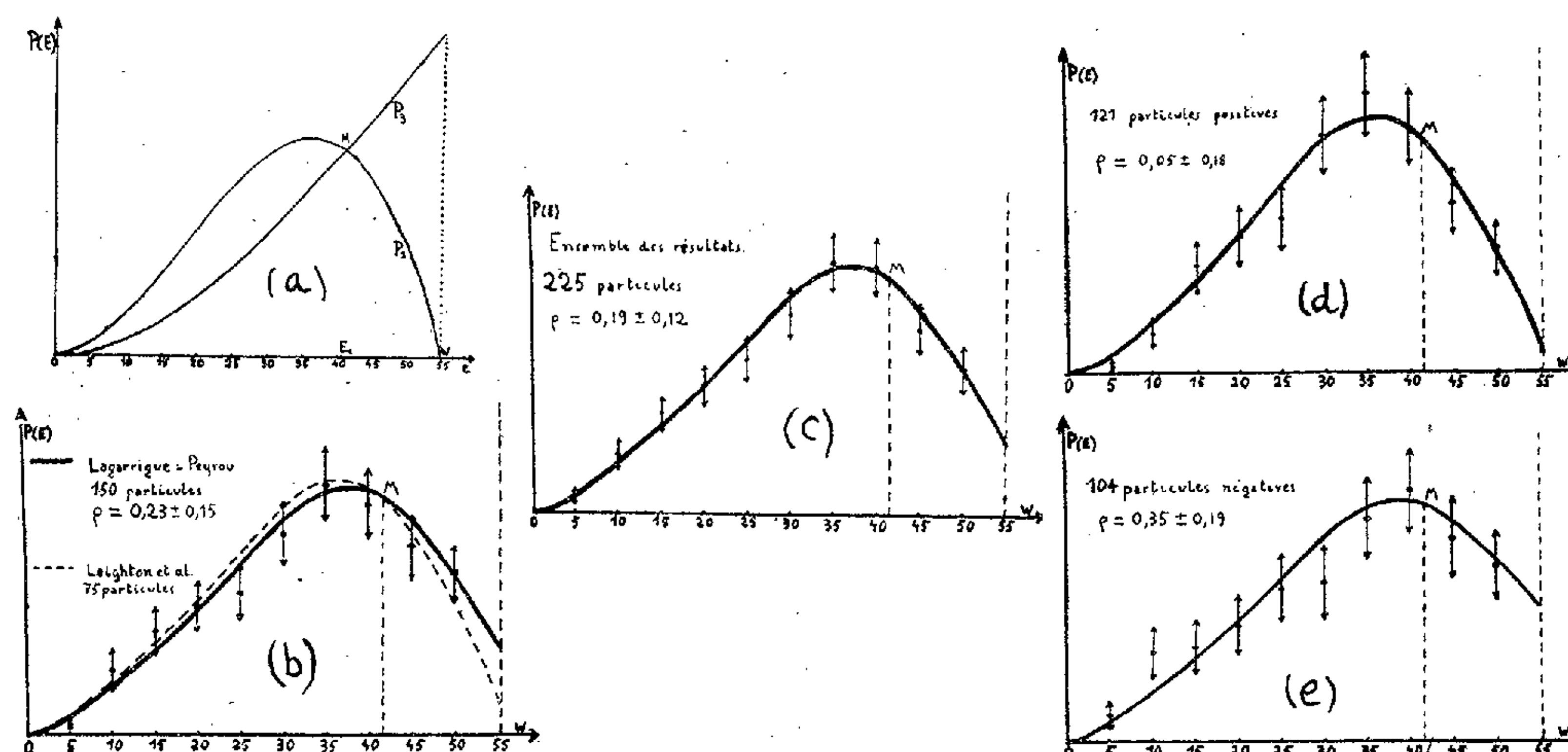


Fig. 1 *a*, *b*, *c*, *d*, *e*. — L'ordonnée de chaque point expérimental correspond au nombre d'électrons dans un intervalle.

expérimentale et le spectre de ces auteurs sont suffisamment voisins des nôtres pour qu'on puisse réunir les deux séries de mesures.

On obtient alors $\rho = 0,19 \pm 0,12$ (*fig.* 1 *c*). Le spectre le plus probable ne passe donc pas par O pour E = W, mais un tel résultat n'est pas complètement exclu statistiquement.

Les figures 1 *d* et 1 *e* représentent séparément les spectres des électrons de désintégration *positifs* et *négatifs*.

La même méthode statistique donne

$$\rho + = 0,05 \pm 0,18, \qquad \rho - = 0,35 \pm 0,19.$$

Rien dans notre appareil, comme dans celui de Leighton et al., ne peut défor-

([4]) GARDNER et Al. (Berkeley), *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 86.

([5]) RETALLACK et BRODE, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1716.

([6]) C. PEYROU, A. LAGARRIGUE et F. BOUSSER, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1058; C. PEYROU et A. LAGARRIGUE, *Journ. Phys. radium*, 11, 1950, p. 666.

mer le spectre des *négatifs* par rapport à celui des *positifs*. Le calcul de $\rho+$ et de $\rho-$ avec leurs erreurs probables montre que la différence entre spectres des positifs et des négatifs peut être due à une fluctuation statistique dont la probabilité est 18 %.

D'après les résultats préliminaires (7) et (8) obtenus pour les mésons μ créés artificiellement il est raisonnable de penser que le spectre des *positifs* sera connu prochainement avec une très bonne précision. Il sera alors intéressant de comparer ce spectre des *positifs* avec les résultats obtenus pour les mésons des *deux signes* du rayonnement cosmique.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Une nouvelle méthode de mesure des faibles décalages des fréquences (« shift ») en résonance paramagnétique nucléaire.* Note (*) de MM. **Robert Gabillard** et **Michel Soutif**, présentée par M. Jean Cabannes.

La résonance du proton dans les solutions paramagnétiques a été observée simultanément avec celle du proton dans un corps de référence non miscible à l'eau. Les oscillations amorties de chacun des deux systèmes de spins battent entre elles et la fréquence du battement donne, après corrections, le décalage des fréquences gyromagnétiques.

La mesure utilise le pont simplifié décrit précédemment par l'un de nous (1). Il a été montré que dans le cas des *grands* temps de relaxation T_2 et T_1 (liquides) le signal observé sur un oscilloscope présente des oscillations après le passage à la résonance.

Au lieu d'observer *successivement* la résonance du proton dans un corps de référence puis dans une solution paramagnétique en deux expériences distinctes et de déduire la très petite différence de fréquence de deux mesures absolues qui doivent nécessairement être très précises, nous faisons résonner *simultanément* les deux liquides, choisis de telle sorte qu'ils soient non miscibles, la surface de séparation étant vers le milieu de la bobine H. F. excitatrice. Dans ces conditions, il se produit un battement des deux fréquences entre elles (*fig.* 1) et la période de ce battement est directement mesurée sur un oscillographe par comparaison avec celle d'un générateur basse fréquence.

Le décalage de fréquence ainsi observé n'est pas le même que celui obtenu par la méthode classique. En effet, il règne dans la solution un champ interne dû au paramagnétisme électronique $[(4\pi/3)\chi H]$ qui est inchangé; mais il y a aussi un champ, dû aux masses magnétiques de surface à la frontière de l'échantillon. On doit tenir compte de ces deux corrections dans la méthode

(7) R. Sagane, W.-L. Gardner et M.-W. Hubbard (Berkeley), *Phys. Rev.*, **82**, 1951, p. 557.

(8) H. Bramson et W.-W. Havens (Columbia) (sous-presse).

(*) Séance du 23 juillet 1951.

(1) R. Gabillard, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 324.

de Dickinson. Le décalage ε est alors lié à la variation mesurée du champ de résonance par

$$\Delta H = \varepsilon + \frac{4\pi}{3}\chi H_0 - 2\pi\chi H_0 = \varepsilon - \frac{2\pi}{3}\chi H_0.$$

Dans notre méthode au contraire le champ d'aimantation globale agit aussi bien sur le corps de référence que sur la solution étudiée et il ne reste que la correction de champ interne

$$\Delta H = \varepsilon + \frac{4\pi}{3}\chi H_0.$$

Les expériences ont été conduites en prenant comme corps de référence le limonène et en opérant sur des solutions aqueuses de concentration variable en chlorure de cobalt. Compte tenu de la théorie précédente, nos résultats sont en accord avec ceux publiés très récemment par Dickinson.

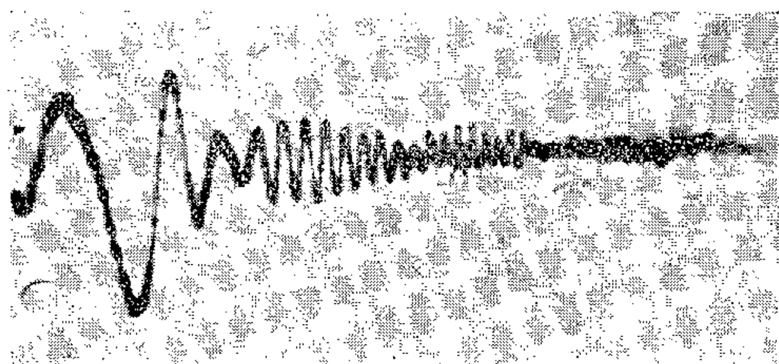


Fig. 1.

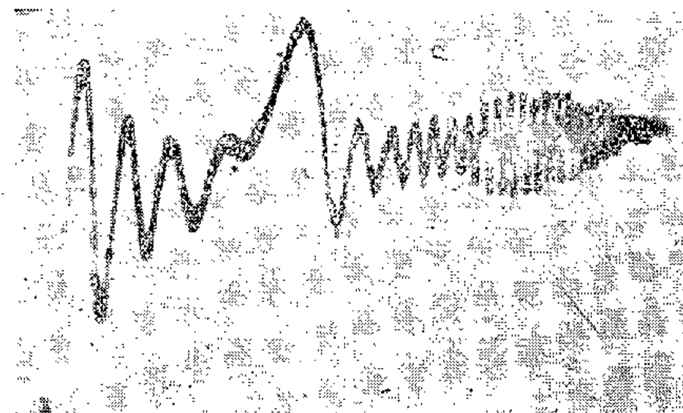


Fig. 2.

En particulier, pour une solution normale de Cl_2Co, dans un champ de 6900 gauss environ, les mesures de Dickinson donnent $\varepsilon = 0,025$ gauss et nos mesures : $\varepsilon = 0,03$ gauss.

Il convient dans ces mesures d'écarter deux phénomènes auxiliaires qui peuvent donner lieu à des figures de battements d'apparence analogue au phénomène qui nous occupe, mais sans rapport avec lui au fond.

a. L'enveloppe des oscillations est généralement imposée par les inhomogénéités du champ magnétique continu.

Nous avons signalé [2] qu'elle s'exprimait mathématiquement comme la transformée de Fourier de la fonction de répartition de l'inhomogénéité du champ H_0. Dans certains cas (gradient de champ magnétique constant) nous avons montré que cette enveloppe pouvait présenter des maxima successifs séparés par des minima quasiment nuls et donnant l'impression d'un phénomène de battements. Moyennant un choix convenable de l'emplacement de la bobine H. F. dans le champ continu, nous avons soigneusement éliminé ce phénomène.

---

[2] R. GABILLARD, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1551.

b. L'aspect de battements peut également provenir d'un phénomène « d'écho » analogue à celui décrit par Hahn. ([3]) Ces échos proviennent d'un retour en phase statistique des spins, qui prend place au bout d'un temps égal à celui séparant deux résonances successives.

Ces échos apparaissent dans les cas où le champ de balayage est réduit à une valeur très faible (inhomogénéité très faible vis-à-vis de celle de H_0). La figure 2 montre un écho obtenu avec une solution normale de chlorure de cobalt (amplitude maximum du balayage : 1 gauss). Ils sont également visibles lorsqu'on supprime complètement le champ de balayage pour le remplacer par une modulation de fréquence de l'oscillateur, de même périodicité que le balayage précédent. Le phénomène obtenu est équivalent au phénomène classique, à l'inhomogénéité du balayage près.

Si toutes les résonances sont également espacées (champ H_0 exactement centré à la valeur de la résonance), l'écho se superpose au signal lui-même et n'apparaît pas. Dans le cas contraire il apparaît comme un battement symétrique, dans la position symétrique du premier signal aller par rapport au second retour. Dans toutes les mesures précédentes on a pris grand soin d'éliminer ce phénomène parasite par un centrage exact de H_0.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Liquostriction des solides, conséquence de l'effet de mouillage.* Note (*) de M. **Carl Benedicks**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Quelques hypothèses sur la tension superficielle des phases condensées permettent d'interpréter simplement l'effet de mouillage, et font prévoir une dilatation réversible des solides sous l'influence d'un liquide mouillant. L'expérience vérifie l'existence de cette *liquostriction*, dont la valeur est très faible : 2,5 à 10.10^{-6}.

Pour interpréter l'effet de mouillage ([1]), c'est-à-dire l'influence exercée par un liquide mouillant sur la résistance à la rupture d'un solide, j'ai été conduit à certaines hypothèses sur les forces attractives de cohésion ou de valence à l'intérieur d'une phase condensée. Elles ont fait prévoir un effet nouveau que l'expérience a vérifié, et que j'ai appelé *liquostriction* : il consiste en une dilatation réversible d'un solide causée par le contact d'un liquide mouillant.

Ces hypothèses consistent à admettre que, de chaque « noyau » de la phase condensée, émane un nombre défini de lignes de force régulièrement distribuées dans l'espace autour de certaines directions et dirigées vers d'autres noyaux. Si toutes les lignes de force émanant d'un noyau A sont

---

([3]) *Phys. Rev.*, **80**, 1950, p. 580.

(*) Séance du 23 juillet 1951.

([1]) C. Benedicks, *Rev. de Métal.*, **45**, 1948, p. 9 et **46**, 1949, p. 291; *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2435 et **233**, 1951, p. 409.

liées à d'autres noyaux, A est dit saturé. Chaque ligne de force suit un trajet aussi court que possible et se lie avec le noyau non saturé le plus proche.

Raisonnons pour simplifier sur un réseau quadratique à deux dimensions (*fig.* 1) : les conclusions s'étendent aisément au réseau à trois dimensions d'un solide, ainsi qu'à un liquide. Le rang supérieur, au-dessus duquel il n'y a pas de noyau, correspond à la surface libre. La dernière hypothèse s'oppose à la divergence illimitée des lignes de force émanées des noyaux superficiels, donc exclut le schéma de la figure 1 *a*, et impose le schéma figure 1 *b* à liaisons doubles. D'où attractions plus grandes à la surface

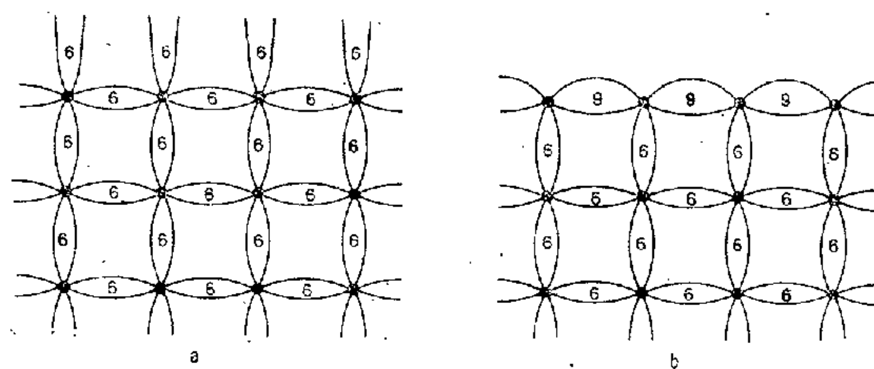


Fig. 1.

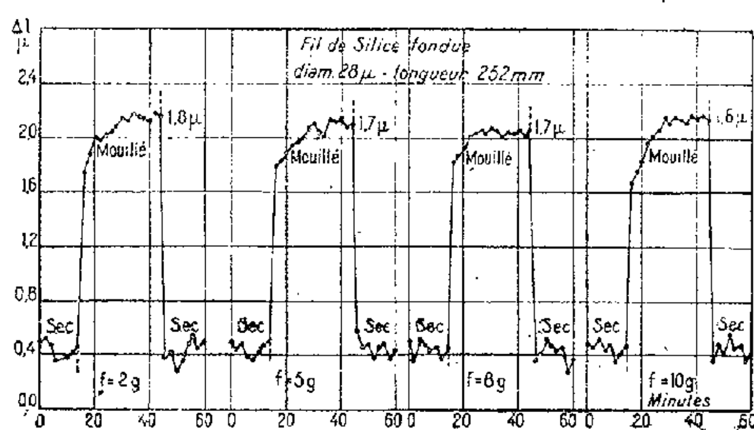


Fig. 2.

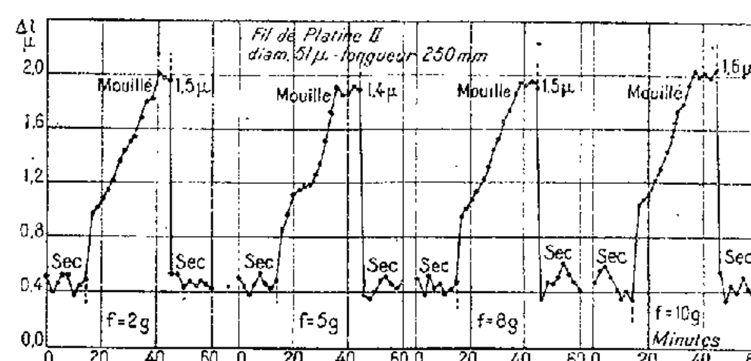


Fig. 3.

que dans l'intérieur de la phase : selon ces hypothèses, la tension superficielle provient des lignes de force émanées des noyaux qui sont saturés par des noyaux avoisinants.

Il en résulte deux conclusions importantes :

1° Dans le vide ou dans l'air, l'état superficiel d'un solide correspond au schéma de la figure 1 *b*, caractérisé par la plus grande résistance mécanique. Mais, si des atomes étrangers sont apportés par un liquide normal baignant la surface, le schéma tendra vers celui de la figure 1 *a*. D'où abaissement des forces de cohésion superficielles, c'est-à-dire diminution de la résistance à la rupture. L'effet de mouillage négatif se trouve donc expliqué.

2° En diminuant les forces de contraction superficielles, la présence du liquide doit entraîner une dilatation du solide. L'expérience a vérifié cette prévision, et j'ai nommé ce nouvel effet « *liquostriction* ».

Un dilatomètre spécial a été construit en utilisant un micromètre

C. E. Johansson, Eskilstuna. Le fil mince étudié, tendu à peu près horizontal par une force connue, était plongé dans une cuvette mobile remplie de liquide.

La figure 2 représente les résultats donnés par un fil de silice fondue mouillé par l'eau (la dilatabilité négligeable de la silice élimine les effets d'un écart éventuel de la température). La silice est très rapidement mouillée et il en résulte une dilatation nette; le séchage entraîne une contraction immédiate. La reproductibilité est très satisfaisante. On note le peu d'influence de la tension f imposée au fil.

La liquostriction de la silice devient plus grande quand le diamètre du fil décroît. Si le fil de silice est mouillé par divers liquides, la liquostriction croît linéairement avec leur tension superficielle.

Avec un fil de platine recuit dans l'air (*fig.* 3), le mouillage se fait plus lentement, conséquence probable d'une couche gazeuse adsorbée sur le fil. Comme pour la silice, le changement de longueur est réversible et le phénomène est reproductible.

Pour un même liquide mouillant, l'eau, la liquostriction atteint les valeurs suivantes pour différents fils :

Liquostriction dans l'eau : $10^6 \Delta l/l$.

				Cuivre tréfilé en filière			
Silice fondue.	Invar.	Platine.	Nickel.	de saphir.	d'acier.	Acier.	Fer.
2,5	6,6	6,7	7,2	7,2	8,0	7,2	10,0

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réactions de participation de la fonction alcoxy en série cyclohexanique.* Note (*) de M. **Max Mousseron** et Mlle **Magdeleine Canet**, transmise par M. Marcel Delépine.

Nous avons comparé la déshalogénation argentique des méthoxy-2 halogéno-1 cyclohexanes *cis* et *trans*, possédant ou non des substitutions sur le cycle, à celle des halogéno-1 cyclohexanols-2 (¹), ainsi que la désamination des méthoxy-2 aminocyclohexanes stéréoisomères.

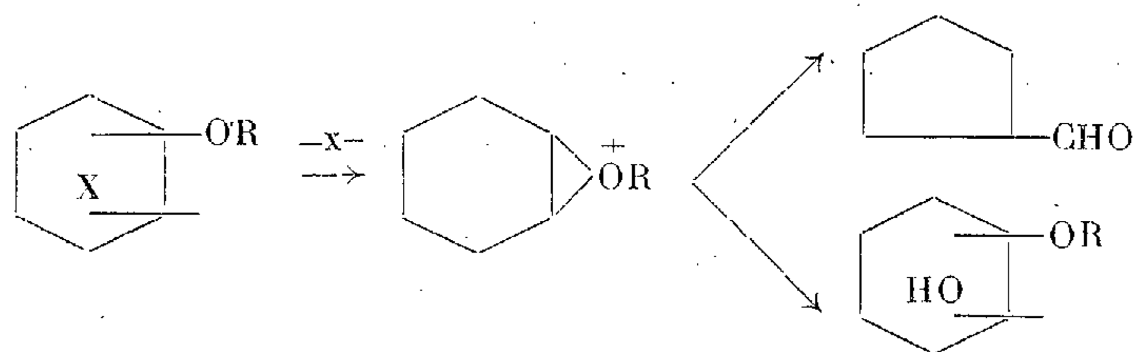
Déshalogénation argentique du méthoxy-2 iodo-1 cyclohexane trans ($C_7H_{13}OI$). — Obtenu par Brunel (²), il conduit par action du nitrate d'argent en milieu aqueux au méthylalcyclopentane (40 %) (sem. carb. F 124-125°, dinitro-2.4 phénylhydrazone F 157-158°) et au méthoxy-2 cyclohexanol *trans* (dinitro-3.5

(*) Séance du 30 juillet 1951.

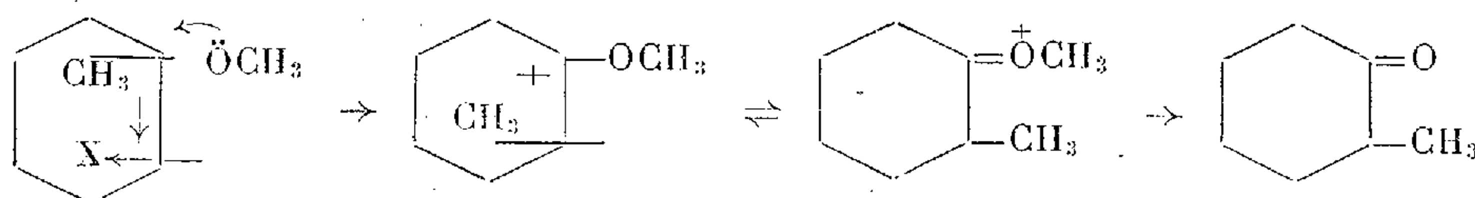
(¹) Godchot, Mousseron et Ganger, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 748; Winstein et Henderson, *J. Am. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 2196.

(²) *Ann. de Chim.*, (8), 6, 1905, p. 200.

benzoate F 92°) ([3]). Il est possible de concevoir l'existence de ces deux composés par formation, après inversion, d'un pont oxonium, grâce à l'intervention du doublet non partagé de l'oxygène du méthoxyle, favorisant ainsi la *trans*-élimination de X. La formation du méthylalcyclopentane par régresssion de cycle s'explique par une plus grande stabilité du cycle plan en C_5, lui-même stabilisé par des formes de résonance; quant au méthoxy-2 cyclohexanol *trans*, il prend naissance par attaque nucléophilique par OH^- avec une deuxième inversion :



Les résultats sont semblables avec l'éthoxy-2 iodo-1 cyclohexane qui conduit au méthylalcyclopentane et à l'éthoxy-2 cyclohexanol *trans* (dinitro-3.5 benzoate F 80-81°). A partir du méthyl-2 méthoxy-2 iodo-1 cyclohexane, on isole la méthyl-2 cyclohexanone; dans ce cas, le groupe voisin OCH_3 en *trans* ne joue pas son rôle basique dans la *trans*-élimination, mais tend à stabiliser le carbonium formé après la *cis*-migration du méthyle :

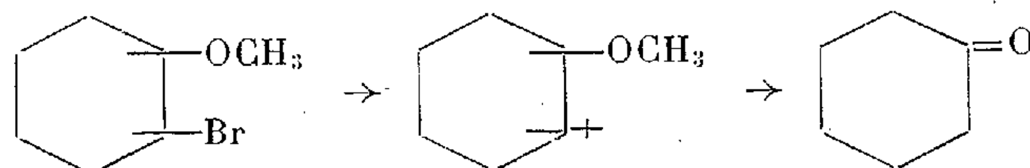


Le méthoxy-2 iodo-1 cyclopentane *trans* $É_{20}$ 90°; d_{25}^{25} 1,653; n_D^{25} 1,5318 donne la cyclopentanone en faible proportion et le méthoxy-2 cyclopentanol (dinitro-3.5 benzoate F 108°). Le méthyl-1 méthoxy-3 iodo-4 cyclohexane *trans* $É_{20}$ 105-8°; d_{25}^{25} 1,518; n_D^{25} 1,5270, de structure semblable à celle de la chlorhydrine correspondante ([4]), donne le méthyl-3 méthylalcyclopentane (sem. carb. F 135°) et un alcool, le méthyl-1 méthoxy-3 ou -4 cyclohexanol-4 ou -3 qui par oxydation chromique conduit à une cétone (sem. carb. F 155°). Il n'a pas été possible d'identifier cette dernière par action de l'alcool méthylique chlorhydrique sur la méthylcyclohexanolone correspondante ([5]); en effet, les méthyl-1 chloro-4 cyclohexanone-3 et méthyl-1 chloro-3 cyclohexanone-4 isomères conduisent toutes deux à la même méthyl-1 méthoxy-3 ou -4 cyclohexanone-4 ou -3 (sem. carb. F 155°), vraisemblablement par passage par un même intermédiaire ènediol ([6]), le méthyl-1 cyclohexène-3 diol-3.4.

Déshalogénation argentique du méthoxy-2 bromo-1 cyclohexane cis. — L'action de PBr_5 sur le méthoxy-2 cyclohexanol *trans* fournit un dérivé

(3) MOUSSERON, GRANGER et MERLE, *Bull. Soc. Chim.*, (5e série), **14**, 1947, p. 459.
(4) KÖTZ et STEINHORST, *Ann. Chem.*, **379**, 1911, p. 1.
(5) BERGMANN et GIERTH, *Ann. Chem.*, **448**, 1926, p. 64.
(6) MOUSSERON, RICHAUD et GRANGER, *Bull. Soc. Chim.*, (5e *série*), **13**, 1946, p. 628.

bromé *trans*, car il donne par NO_3Ag le méthylalcyclopentane. L'action de BrH à chaud donne un dérivé bromé de structure *cis* conduisant par déshalogénation argentique à la cyclohexanone (7). La position spatiale de l'halogène interdisant l'influence protectrice du groupement voisin OCH_3, il y a formation d'un carbonium par départ de l'halogène et formation de cyclohexanone :



Désamination nitreuse des méthoxy-2 amino-1 cyclohexanes stéréoisomères ($C_7H_{15}ON$). Les amines sont obtenues dans une réaction de Leuckart sur la méthoxy-2 cyclohexanone (picrates F175 et 185°) ; par méthylation (8), on obtient les picrates F140° (prédominant) et F119°. L'action du diméthylformamide (9) sur la méthoxy-2 cyclohexanone conduit à des résultats identiques; avec la cyclohexanol-2 one-1, on saisit un mélange de 70 % de N-diméthylamino-2 cyclohexanol *cis* et 30 % de *trans* (picrates F162 et 143°) (10).

La désamination nitreuse a été effectuée sur le mélange des méthoxy-2 amino-1 cyclohexanes stéréoisomères (picrates F175 et 185°); elle conduit à un seul dérivé carbonylé, le méthylalcyclopentane, et à un seul alcool, le méthoxy-2 cyclohexanol *trans*, en accord avec les résultats obtenus dans la désamination des amino-2 cyclohexanols *cis* et *trans* (11). Les mécanismes de décomposition des diazoïques intermédiaires selon S_{N^2} pour le dérivé *cis* et S_{N^1} pour le dérivé *trans* peuvent être invoqués.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le chloro-4 butène-3 oïque et quelques-uns de ses dérivés*. Note de MM. **René Rambaud** et **Roger Vessière**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le chloro-4 butène-3 oïque $CHCl = CH - CH_2 - COOH$ n'avait pas encore été préparé. Nous avons pu l'obtenir, ainsi que quelques-uns de ses dérivés, par les transformations suivantes :

A. Le dichloro-1.3 propène $CHCl = CH - CH_2Cl$ résultant du traitement, par l'oxychlorure de phosphore, de la dichlorhydrine symétrique de la glycérine (1) est transformé en chloro-3 propène-2 ol $CHCl = CH - CH_2OH$, alcool déjà isolé et partiellement décrit par van Romburgh (2). Une amélioration du procédé nous a permis d'accélérer sensiblement la préparation et d'en accroître le rendement.

(7) Mousseron et coll. (5e série), 13, 1946, p. 610.
(8) Skita et Rolfes, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 53, 1920, p. 1250.
(9) Weilmuenster et Jordan, *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 415.
(10) Mousseron, Jullien et Mlle Canet, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 479.
(11) Mousseron et Jacquier, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 216.

(1) Hill et Fischer, *J. Am. Chem. Soc.*, 1922, p. 2885.
(2) *Bull. Soc. Chim.*, 36, 1881, p. 557.

Dans un ballon Keller de 500 cm³ muni d'un réfrigérant ascendant et d'un agitateur rotatif, on mélange 200 g de dichloropropène et 190 g de potasse dissous dans 200 cm³ d'eau. On chauffe à faible ébullition sous violente agitation pendant 4 h. Après refroidissement l'addition de 100 cm³ d'eau dissout le sel formé et provoque la séparation du liquide en deux phases. On joint la couche organique à l'extrait éthéré de la couche aqueuse, on sèche sur sulfate de sodium, on chasse l'éther et l'on distille.

Après deux tours de rectification on possède deux fractions :

a. $É_{17}$ 59°, n_D^{25} 1,4665, d_4^{25} 1,154, *m* 70 g (Rdt 42 %).

C'est l'alcool attendu. [Van Romburgh (²) $É_{760}$ 153°, d_{15} 1,162], R_M mes. 22,20 pour 21,97 théor.

b. $É_{20}$ 87°, n_D^{24} 1,484, d_4^{24} 1,108, *m* 33 gr (Rdt 22 %).

Ce produit est l'éther oxyde $(CHCl = CH - CH_2)_2O$. A notre connaissance il n'avait pas encore été décrit.

R_M mes. 40,41 pour 40,84 théor. Dosage de chlore : Subst. 0,1265 g. ClAg 0,2133 g, Cl % trouvé 41,7 théor. pour $C_6H_8OCl_2$ 42,5.

Cet oxyde décolore le brome en solution chloroformique sans donner toutefois de produit d'addition cristallisé.

B. Le chloro-3 propène-2 ol est transformé en chloro-4 butène-3 nitrile $CHCl = CH - CH_2 - CN$ par action du cyanure cuivreux, selon la méthode utilisée par Breckpst (³) puis Falaise et Frognier (⁴) pour préparer le nitrile vinylacétique à partir de l'alcool allylique.

Dans un ballon de 1000 cm³ muni d'un agitateur étanche et d'un déflegmateur puissant, on place 120 g de chloro-3 propène-2 ol, 135 g de cyanure cuivreux et 135 cm³ d'acide chlorhydrique concentré. Le mélange est porté vers 110° sous agitation violente. Au bout de quelques minutes le contenu du ballon brunit et la réaction tend à s'emballer, ce qui impose de modérer le chauffage, lequel est maintenu deux heures durant. Pour terminer, on entraîne à la vapeur d'eau. La couche organique, décantée et séchée, est enfin distillée.

Après 3 tours de rectification on isole 40 g d'un liquide jaune pâle, odorant, que ses constantes et ses propriétés caractérisent comme étant le nitrile attendu (Rdt 32 %). Nous en donnons, croyons-nous, la première description.

$É_{24}$ 78-79°; $n_D^{20,5}$ 1,465; $d_4^{20,5}$ 1,135; R_M mes 24,7 pour 24,8 théor.

Dosage d'azote : Subst. 0,2580 gr, SO_4H_2 : 25,5 cm³ 0,1 N, N % trouvé 13,9 théor. pour C_4H_4 ClN 13,7.

Dosage de chlore : Subst. 0,1556 g, Cl Ag 0,2265 g, Cl % trouvé 36,0 théor. pour C_4H_4ClN 34,97.

C. L'hydrolyse du chloro-nitrile mène à l'acide $CHCl = CH - CH_2 - CO_2H$.

Dans un ballon de 100 cm³ muni d'un réfrigérant ascendant et d'un agitateur rotatif, on place 20 g de nitrile et 20 cm³ d'acide chlorhydrique concentré. Le mélange est chauffé 1/2 heure vers 110° sous agitation douce. Il brunit et du chlorure d'ammonium précipite.

(³) *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 39, 1930, p. 462.
(⁴) *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 42, 1933, p. 427.

Après refroidissement, on ajoute 20 cm^3 d'eau, ce qui sépare deux couches. La couche organique jointe à l'extrait éthéré de la couche aqueuse est séchée sur sulfate de soude, puis distillée.

Deux tours de rectification permettent d'isoler 12 g d'un produit bouillant à 111-112° sous 14 mm et qui, placé dans la glace, se solidifie. Par recristallisation dans l'éther de pétrole on obtient des cristaux incolores, fondant à 41°,5-42°,5, solubles dans l'eau à laquelle ils confèrent un caractère nettement acide à l'hélianthine. Leur étude analytique confirme qu'ils constituent le chloro-4 butène-3 oïque. (Rendement 52 %.)

Dosage de chlore : subst. 0,2610 g, ClAg 0,3091. Cl % trouvé 29,3 théor. pour $C_4H_5O_2Cl$ 29,4; indice d'acidité : subst. 0,0915 g. HONa 5,9 cm^3 0,1292 N., PM. mes. 120,9 théor. pour $C_4H_5O_2Cl$ 120,5.

Le nitrile chloré peut également, par les traitements classiques, être l'objet de transformation en éthyl-ester $CHCl = CH - CH_2COOC_2H_5$. Nous avons obtenu ce produit (Rdt 51 %) et en donnons ci-dessous les constantes :

$É_{15}$ 73-74°; n_D^{28} 1,449; d_4^{28} 1,100; R_M mes. 36,19 pour 35,96 théor.

Dosage de chlore : subst : 0,1250 g ClAg : 0,1229 g Cl % trouvé 24,3 théor. pour $C_6H_9O_2Cl$: 23,96.

Indice de saponification : subst : 0,1983g; HONa 0,1 N = 13,4 cm^3; PM mes : 146,3 théor. pour $C_6H_9ClO_2$: 148,5.

Nous avions cru pouvoir obtenir le nitrile $CHCl = CH - CH_2 - CN$ par action directe du cyanure de potassium sur le dichloropropène. Tous nos essais, dans ce sens, ont été infructueux, les deux produits refusant pratiquement de réagir l'un sur l'autre dans les conditions les plus variées. Le choix d'un autre cyanure métallique (Cu ou Zn) n'améliore d'aucune façon les résultats obtenus avec le sel de potassium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation d'acétate de sodium radioactif (carbone* 14) $CH_3 - \overset{*}{C}_{14}OONa$. Note de MM. **Jésus Anatol** et **Jean Coursaget**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les auteurs décrivent une technique satisfaisante pour la préparation de l'acétate de sodium radioactif ainsi que de l'acide α amino γ phénylbutyrique utilisé dans le dosage de l'acide acétique marqué de l'organisme.

L'acétate joue un rôle essentiel dans de nombreuses fonctions métaboliques. Nous avons été amenés à préparer un acétate marqué pour étudier la répartition et la vitesse de renouvellement du cholestérol dont la biosynthèse s'effectue principalement à partir de l'acide acétique.

Plusieurs auteurs ont déjà effectué la synthèse de l'acide acétique marqué

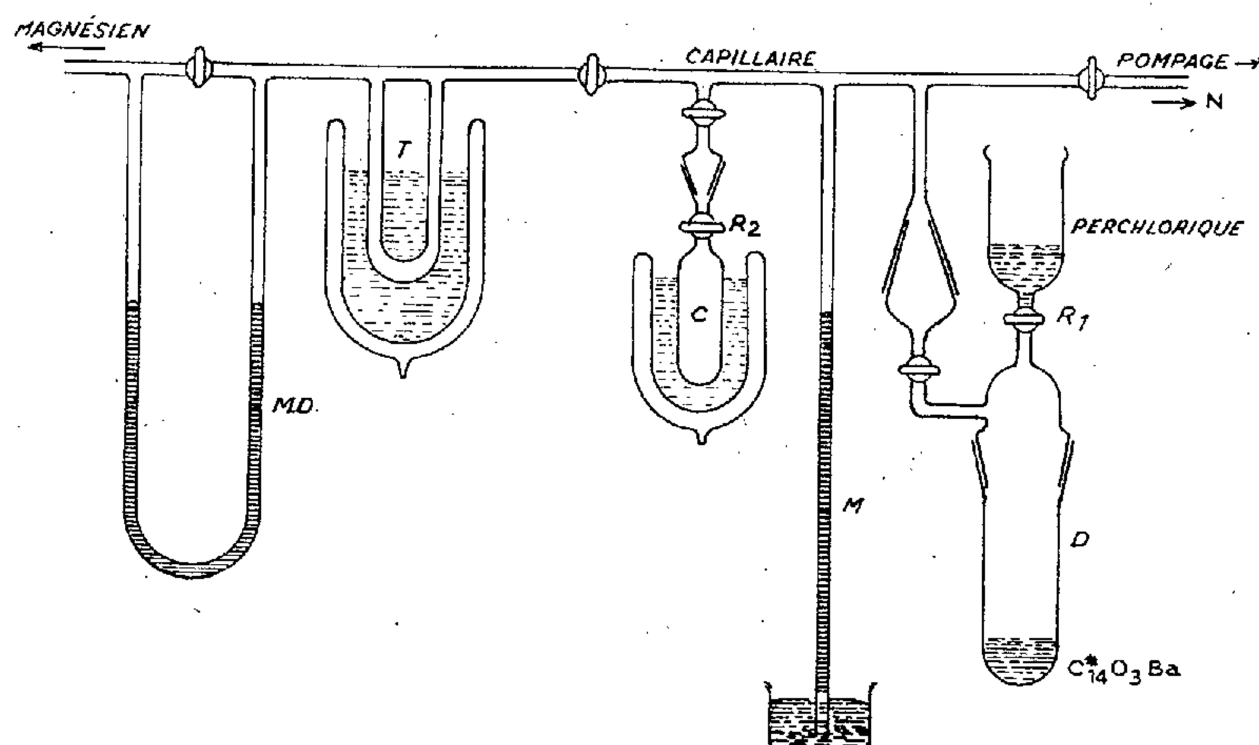
en 1 [1] avec le radiocarbone en faisant appel aux organo-magnésiens de Grignard.



$$CH_3-Mg-I+\overset{*}{C}_{14}O_2 \xrightarrow{H_2O} CH_3-\overset{*}{C}OOH.$$

Le dispositif que nous avons adopté assure à la fois une protection efficace et un rendement élevé

0,01 mol. de $\overset{*}{C}_{14}O_3$ Ba (1,98 g) ayant une radioactivité de 6 millicuries sont introduits en D. Un vide de l'ordre de 0,5 micron de mercure est réalisé dans toute l'enceinte. Le gaz carbonique est libéré par de l'acide perchlorique à 40 %. Il est condensé dans C au moyen d'air liquide. Les robinets R_1 et R_2 permettent de régler la vitesse du dégagement et de la condensation. Sous une



pression de $\overset{*}{C}_{14}O_2$ d'environ 300 millimètres de Hg, le dégagement est très régulier. Tout le $\overset{*}{C}_{14}O_2$ est finalement condensé en C où se condense également l'eau due à la tension de vapeur de la solution d'acide perchlorique.

Le gaz carbonique est transféré par sublimation dans le tube capillaire T, l'eau est retenue en C par un bain acétone-neige carbonique.

Le manomètre différentiel MD permet l'envoi progressif du $\overset{*}{C}_{14}O_2$ sur un excès de réactif de Grignard distribué dans deux ballons en série, l'agitation du liquide assurée par un agitateur électromagnétique, suivi des flacons de garde à baryte et d'une pompe dont le dégagement a lieu à l'extérieur. A la fin de l'opération, l'enceinte est balayée par un courant d'azote.

Des essais pilotes avec du carbone 13 comme indicateur nous ont montré que dans ces conditions la fixation du gaz carbonique de l'air est pratiquement nulle.

---

[1] CALVIN et coll., *Isotopie Carbon*, 1949, p. 171.

Le réactif de Grignard est décomposé, traité par SO_4Ag_2 et l'acide acétique, entraîné à la vapeur d'eau, neutralisé par la soude et le produit final isolé. Rendement en $CH_3\overset{*}{C}_{14}OONa$ 0,75 g 92 %.

Lorsqu'un acétate de sodium marqué, est injecté, à un animal, il est dilué par l'acétate de l'organisme. La connaissance du taux de cette dilution est nécessaire pour l'étude de la biosynthèse du cholestérol. Un prélèvement d'acétate organique est possible en administrant à l'animal un composé qui s'élimine sous forme de dérivé acétylé.

Block ([2]), ([3]), Basinsky ([4]) du Vigneaud ([5]), utilisent dans ce but l'acide α-amino-γ-phényl-butyrique préparé selon la méthode décrite par du Vigneaud ([6]) à partir de l'acide bromé correspondant.

L'un de nous ([7]) ayant déjà eu de bons résultats dans la préparation des α aminoacides par la méthode des hydantoïnes, nous avons étendu cette méthode à l'aldéhyde phénylpropylique que nous a donné la phénéthyl 5-hydantoïne.

$$C_6H_5-CH_2-CH_2-CH\langle\begin{matrix}CO-NH\\NH-CO\end{matrix}\rangle \quad \text{(Rdt 65 \% F 165°).}$$

Cette hydantoïne a été déjà obtenue par Henze ([8]) dans l'hydrolyse par ClH dilué de la 5 (4morpholinyl) méthyl-5 phénéthyl hydantoïne.

$$O\langle\begin{matrix}CH_2-CH_2\\CH_2-CH_2\end{matrix}\rangle NCH_2\diagdown_{C}\langle\begin{matrix}CO-NH\\NH-CO\end{matrix}\rangle \quad C_6H_5-CH_2-CH_2\diagup$$

Henze et Speer ([9]) signalent l'avoir obtenue par synthèse directe.

L'hydrolyse alcaline nous fournit l'acide $C_6H_5CH_2CH_2CH(NH_2)-COOH$ avec un rendement de 93-95 % ; rendement de 60 % par rapport à l'aldéhyde.

Sa constitution a été vérifiée par son dérivé acétylé F 148°.

([2]) K. Block et Borek, *J. Biol. Chem.*, **164**, 1946, p. 483.
([3]) K. Block et D. Rittenberg, *J. Biol. Chem.*, **169**, 1947, p. 469.
([4]) D. H. Basinsky et Sealock, *J. Biol. Chem.*, **166**, 1946, p. 7.
([5]) V. Du Vigneaud, M. Chon, G. B. Brown, O. J. Irish, R. Schoenheimer et D Rittenberg, *J. Biol. Chem.*, **131**, 1939, p. 273.
([6]) V. Du Vigneaud et O. J. Irish, *J. Biol. Chem.*, **122**, 1937, p. 349.
([7]) J. Anatol, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1471; **232**, 1951, p. 536.
([8]) H. R. Henze et W. C. Craig, *J. Org. Chem.*, **10**, 1945, p. 6.
([9]) *J. Org. Chem.*, **10**, 1945, p. 6, (Note **10**).

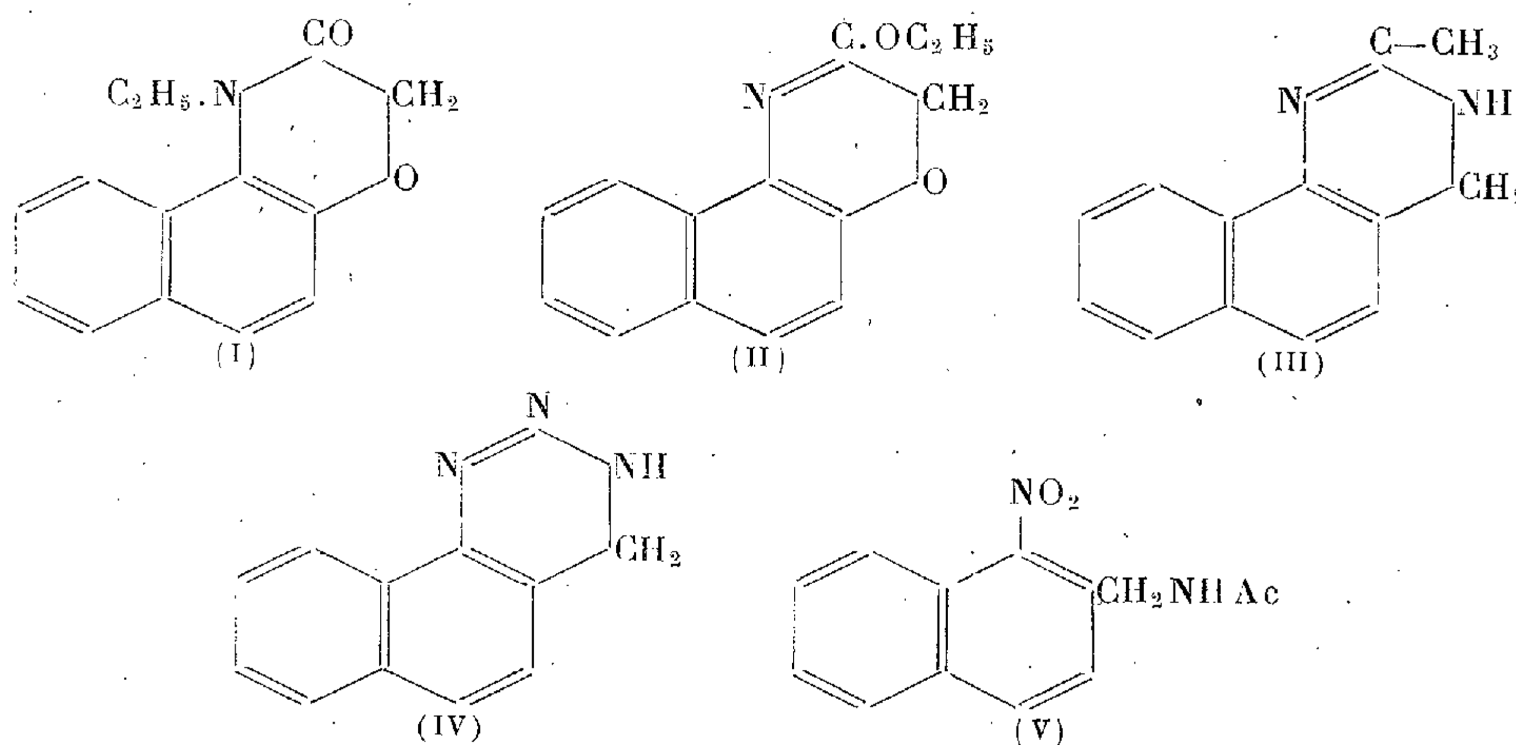
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de certains hétérocycles de la série du naphtalène* (I). Note de M. **Évanguélos Baltazzi**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Synthèse de β-naphtomorpholones O et N substituées, ainsi que d'une naphtodihydropyrimidine. Étude de l'hydrogénation catalytique du β-naphtonitrile par le nickel de Raney.

En vue d'une étude spectrale et afin de retrouver dans la série naphtalénique les phénomènes observés par Mme Ramart et ses collaborateurs dans la série benzénique ([1]), je me suis proposé de préparer certains hétérocycles à six chaînons, partiellement hydrogénés, de la première série.

Dans ce but, j'ai d'abord préparé la N-éthyl β-naphtomorpholone (I) (F 216°) à partir du sel de sodium de la β-naphtomorpholone et de l'iodure d'éthyle. Un traitement similaire du sel d'argent correspondant fournit la O-éthyl β-naphtomorpholone (II) (F 57°). L'acide chlorhydrique dilué décompose cette dernière à froid en régénérant la β-naphtomorpholone.

Me proposant par la suite d'effectuer la synthèse de la naphtodihydropyrimidine (III) et de la naphtodihydrotriazine (IV), je suis parti du β-naphtonitrile que j'ai obtenu selon A. Wahl et ses collaborateurs ([2]).



L'hydrogénation catalytique de ce composé, quoique étudiée par plusieurs auteurs fournit, soit divers produits secondaires (base de Schiff, amine secondaire β-méthylnaphtalène, etc.) ([3]), soit de la β-ménaphtylamine avec un

([1]) Mme Ramart-Lucas et J. Hoch, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1041.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 536.

([3]) A. Mailhe, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **23**, 1918, p. 233; H. Rupe et F. Becherer, *Helv. Chim. Acta*, **6**, 1923, p. 880-892; Brevet suisse **108704** du 30 juin 1923 et du 2 février 1925; Brevet suisse **109066** du 30 juin 1923 et du 16 février 1925; Kazuo Hata, *Chem. Abstr.*, **42**, 1948, p. 6783 g.

rendement de 60 %, mais cela à condition d'opérer sous pression, dans la tétraline comme solvant (4). Reprenant cette réaction je l'ai d'abord essayée avec du nickel de Raney dans l'alcool, selon la technique habituelle. Mais soit ainsi, soit en présence de soude j'obtins de grandes quantités de base de Schiff



$$C_{10}H_7CH = N.CH_2C_{10}H_7$$

et très peu d'amine primaire. La base de Schiff, pratiquement insoluble dans l'alcool, ne s'hydrogène de ce fait presque pas en base secondaire. De plus, sa formation élimine du milieu réactionnel l'amine primaire et l'aldimine correspondantes au fur et à mesure qu'elles prennent naissance. En employant du catalyseur fraîchement préparé, en présence de traces de soude et de quantités plus importantes d'ammoniaque, j'ai pu obtenir un rendement en amine primaire variant de 74 à 78 %. Toutefois je n'ai pu éviter la formation de quantités relativement importantes de base de Schiff

La β-ménaphtylamine ainsi obtenue est acétylée, puis nitrée en α dans un mélange d'anhydride-acide acétique. Le nitrodérivé résultant (V) (F 122), réduit à l'ébullition par l'acide acétique à 50 % et la poudre de fer, se cyclise et fournit la naphtodihydropyrimidine (III) qu'on isole à l'état de chlorhydrate (F. déc. 232°). Ce dernier cristallise avec une molécule d'eau qu'on élimine à l'étuve vers 140°. Le dérivé benzènesulfamidique correspondant, insoluble dans la soude, fond à 149°. Le picrate se décompose vers 230°.

La base isolée de son chlorhydrate se présente sous la forme de cristaux jaunes d'odeur agréable et fond à 62°

Je poursuis les recherches en vue d'obtenir la naphtodihydrotriazine (IV) et d'étudier plus complétement ces corps ainsi que leurs dérivés.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Relation entre l'altitude moyenne et la superficie des continents*. Note de M. **Mathias Matschinski**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

L'auteur a observé que les données géographiques sur les altitudes moyennes et les superficies des continents peuvent être réunies sous la forme de la loi suivante : les continents d'une plus grande superficie sont également d'une altitude plus élevée (loi d'altitude). L'auteur démontre que cette loi découle de sa théorie générale sur le refroidissement de l'écorce terrestre et l'orogénèse.

1. *Refroidissement de la terre et orogénèse*. — Les faits géographiques qui sont soumis à cette loi d'altitude (voir *fig.* 1) peuvent être expliqués de la façon la plus simple en partant de la théorie de l'écorce terrestre et des forces géodynamiques proposée par l'auteur (1). Les points essentiels de cette théorie sont :

(4) J. von Braun, G. Blessing et F. Zobel, *Ber. der deutsch. Chem. Gesel.*, 56, 1923, p. 1988.

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1882; *Cahiers Géol. de Thoiry*, 7, 1951, p. 59.

1° l'écorce sur la planète-terre se refroidissant était tendue au moment de la rupture; 2° après la rupture les morceaux séparés de cette écorce (privés de tensions), ont formé des parties de sphères de rayons plus petits que la masse principale de la terre et, enfin, 3° un tel état n'ayant pu se conserver, — sous l'influence de la pesanteur la formation de failles, de plissements, etc., en général le processus d'orogénèse a commencé.

2. *Comparaison des systèmes de plissements de deux continents.* — Ce mode d'explication peut être appliqué non seulement aux problèmes d'orogénèse dans le sens étroit (pour expliquer par exemple la formation d'une chaîne de montagnes) mais aussi aux problèmes beaucoup plus larges — nous avons en vue les problèmes de la formation d'un système de plissement d'un continent entier. Imaginons deux morceaux de l'écorce — l'un plus grand et l'autre plus petit — plongeant par leurs bords dans la masse principale de la Terre (*fig.* 2).

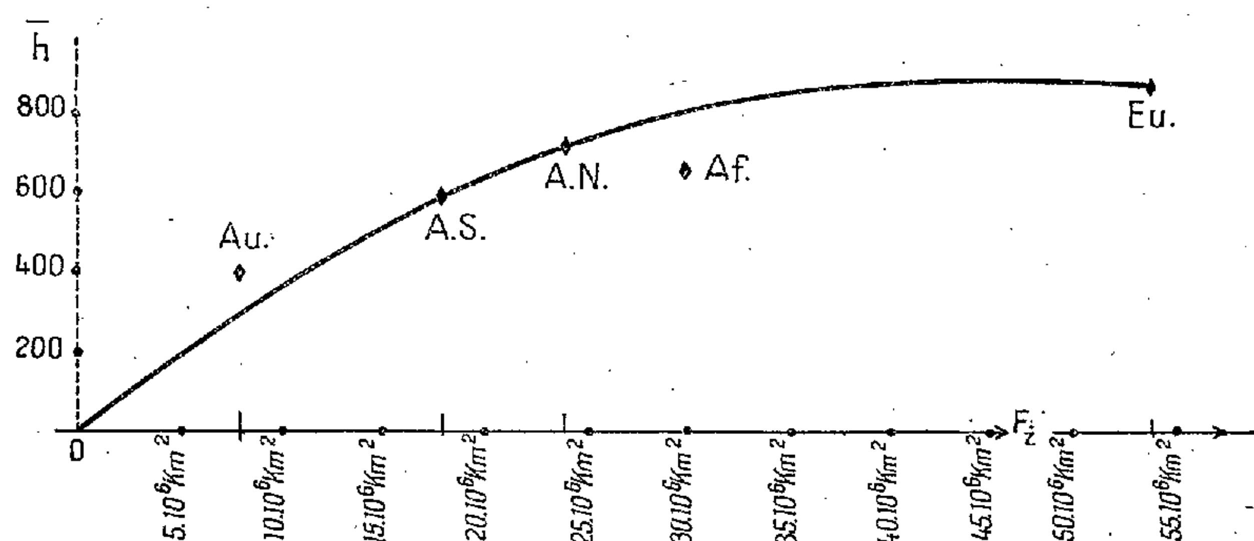


Fig. 1.

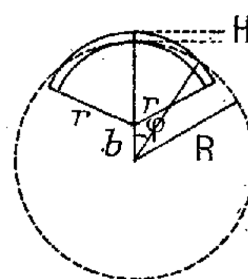


Fig. 2.

Il est évident sans calcul que le niveau moyen (ce niveau est marqué sur les figures par un pointillé) du fragment plus petit sera au-dessous du niveau du fragment plus grand. C'est-à-dire qu'une corrélation directe s'établit entre les niveaux moyens des continents et leurs superficies. Ce résultat n'est pas un fait de la géographie imaginaire — au contraire, on peut observer cette corrélation en étudiant les données géographiques correspondant à cette question, en partie représentées sur la figure 1.

3. *Loi de la corrélation entre la superficie et l'altitude moyenne des continents mathématiquement exprimée.* — Pour exprimer mathématiquement cette idée, on pourrait se baser sur les équations de l'isostasie. Mais un tel calcul ne serait ni exact, ni facile, parce qu'il est presque impossible de déterminer les superficies réelles des fragments de l'écorce formant aujourd'hui les continents et que de grandes parties de ces fragments sont plongées dans les océans, dans la Sima et même couvertes par des couches sédimentaires. Pour lever cet obstacle on peut proposer une autre manière de calculer. Mentionnons d'abord une simple relation entre la superficie d'une partie d'un fragment se trouvant au-dessus du niveau de la mer (Φ_i, cette superficie exprimée en kilomètres carrés; F_i, la

même exprimée en %) et l'altitude maxima de ce fragment avant le commencement de la formation des montagnes (H). La signification des autres lettres (voir *fig.* 2). La relation exacte est

$$\Phi_i : 4\pi R^2 = F_i = H(2r - H) : [4R(R-r) + H].$$

Mais en considérant que la grandeur $b \sin\varphi : r$ est < 1, on peut la supprimer dans la formule exacte : $R = b\cos\varphi + r\sqrt{1-(b\sin\varphi : r)^2}$. On obtient la formule approximative :

$$(1) \qquad 2F_i = H : [R - r + H] \qquad \text{ou} \qquad H \cong 2(R-r)(F_i + 2F_i^2 + 4F_i^3),$$

suffisamment exacte pour notre but. Or, l'altitude H n'est pas l'altitude moyenne des continents $(\bar{h})$ qui nous intéresse, étant fonction directe de cette dernière. Les considérations statistiques des figures géométriques aléatoires nous permettent d'établir une autre relation, à savoir : $\bar{h} = \alpha H - \beta H^2$. En combinant cette dernière avec la formule (1) on trouve l'expression finale

$$(2) \qquad \bar{h} = A(F_i - 4F_i^3) - B(F_i^2 + 4F_i^3),$$

exprimant la corrélation superficie, altitude moyenne.

4. *Comparaison de la formule théorique avec les données de la géographie.* — Pour comparer la formule finale du paragraphe 3 avec les données de la nature, nous indiquons sur la figure 1 les superficies et les altitudes pour les continents suivants : Amérique du Nord, Amérique du Sud (prises isolément l'une de l'autre), Australie et Eurasie. Nous prenons l'Europe et l'Asie comme un seul continent parce que l'on ne peut pas être sûr qu'ils sont formés de deux fragments isolés de l'écorce. Nous ne prenons pas en considération l'Antarctique, car son altitude exceptionnelle montre l'existence de forces particulières dont l'explication exige l'introduction d'hypothèses spéciales (déviation de la forme de la sphère terrestre en un tétraèdre, influence de masses énormes de glace, etc.) qui nous mèneraient trop loin du thème de cette Note.

Si nous donnons aux coefficients de la formule (2) les valeurs numériques $A = 18800$, $B = 14800$ la formule théorique coïncidera exactement avec les données géographiques pour l'Eurasie, l'Amérique du Nord (avec les îles arctiques) et l'Amérique du Sud. Les résultats ne seront pas aussi précis pour les deux autres continents, mais l'écartement entre les valeurs calculées et les valeurs observées dans la nature n'est pas supérieur aux erreurs, auxquelles sera sujette toute théorie sur la formation de choses aussi irrégulières que les continents. De plus, on peut l'expliquer par les remarques suivantes : l'Afrique est une figure à part parmi les continents (son plissement n'est pas suffisamment développé, etc.); l'Australie est probablement sous l'influence de forces spéciales de même nature que celles qui s'exercent sur l'Antarctique mais de façon évidemment plus faible. On obtiendra une coïncidence encore plus précise en calculant A et B par la méthode de moindres carrés. La

moyenne arithmétique pour les valeurs absolues des erreurs relatives pour tous les continents (Australie et Afrique comprises) ne sera pas supérieure à quelques unités pour cent.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Mise en évidence de ribonucléoprotéides dans les cellules criblées au moyen de la méthode de Brachet.* Note de Mlle **Janine Salmon**, présentée par M. Roger Heim.

Le but essentiel de ce travail a été de rechercher la présence éventuelle de ribonucléoprotéides dans les cellules criblées de Dicotylédones. Après un résultat positif, nous avons étudié leur répartition dans ces cellules pour suivre ensuite leur évolution au cours de la différenciation cribrale; dans une dernière partie, nous avons cherché à préciser leurs rapports avec les substances déjà connues dans la constitution des tubes criblés, notamment avec les lipides. Nous avons poursuivi cette étude au moyen de la ribonucléase, enzyme dont nous avons précédemment recherché les conditions d'action sur le tissu libérien (1) de la plantule de *Cucurbita Pepo.* Ces essais ont donné les résultats suivants :

1° L'existence des ribonucléoprotéides a été mise en évidence par la coloration à la pyronine, employée comme témoin de l'activité diastasique et de la présence de ribonucléoprotéides. Cette coloration nous a permis de comparer des coupes avant et après traitement par la ribonucléase, en nous montrant la sensibilité pour cette diastase des accumulations cribrales dans lesquelles nous avions antérieurement décelé des complexes phospholipidoprotéiques. Sans intervention du ferment, les accumulations cribrales se colorent vivement en rose par la pyronine, comme les nucléoles de la plante; après quelques jours au contact d'une solution de ribonucléase à la température de 37°, elles demeurent exemptes de coloration par la pyronine [les fixations ont été choisies d'après la mise au point faite par nous récemment (1)].

2° Les ribonucléoprotéides de la plantule existent principalement dans deux séries de cellules en différenciation : les cellules embryonnaires des méristèmes et les jeunes cellules criblées du tissu libérien. Leur étude comparée fait ressortir une évolution différente dans chacune de ces deux séries. Par action directe de la pyronine, les nucléoles et le cytoplasme des cellules méristématiques primaires se colorent en rose : le cytoplasme est imprégné d'une façon homogène par le colorant et les nucléoles, très volumineux, sont vivement colorés. Après intervention de la diastase, toute coloration demeure impossible. Les autres éléments sensibles à cette coloration sont les cellules criblées : la répartition des ribonucléoprotéides

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 7 juillet 1951.

entrant dans leurs constituants suit des modalités que nous allons brièvement décrire.

3° Le cytoplasme des très jeunes cellules criblées est d'abord imprégné de manière homogène par les ribonucléoprotéides, comme celui des cellules embryonnaires du méristème; plus tard, ceux-ci se présentent sous forme figurée : ce sont des granulations plus ou moins grosses. Puis, lors de la polarisation de la masse cytoplasmique et de son contenu, les substances responsables de la coloration rouge s'accumulent progressivement vers le pôle de la cellule qui préside à la migration des substances élaborées. Il est possible de suivre cette évolution sans fixation préalable, par action directe du mélange vert de méthyle-pyronine sur matériel frais. La double coloration progresse à travers les membranes et le cytoplasme pour atteindre les éléments nucléaires et même les vacuoles. Pendant ces processus, le cytoplasme se colore uniformément en rose vif dans les jeunes cellules criblées, puis sous forme de grains dispersés en son sein lorsque les cellules se différencient. Il présente ensuite l'aspect d'une accumulation fortement polarisée au niveau des cribles.

4° Il nous restait à préciser les relations entre phospholipidoprotéides et ribonucléoprotéides. Pour cela, nous avons utilisé la réaction de Smith-Dietrich, après l'avoir essayée sur différentes préparations fixées par les liquides de Helly, de Regaud, de Meves et de Zenker, concurremment avec des témoins fixés au formol (produit utilisé dans la méthode originale en solution à 10 %) : après toutes ces fixations, elle s'est montrée positive vis-à-vis des phospholipides des cellules criblées, nous assurant de la généralité de son application. Nous avons poursuivi notre étude en comparant sur des coupes aussi semblables que possible la localisation des ribonucléoprotéides par la méthode de Brachet, et celle des lipides par la méthode de Smith-Dietrich. Nous avons constaté l'indépendance morphologique initiale des ribonucléoprotéides et des phospholipidoprotéides, les uns et les autres se présentant sous forme figurée (finement granuleuse pour les premiers, lenticulaire pour les seconds, chez *Cucurbita Pepo*), puis leur coexistence au stade final de la différenciation du tube criblé (les emplacements respectifs de ces deux sortes de substances se confondent effectivement dans les accumulations cribrales). Des résultats comparables ont été obtenus pour *Bryonia dioica* et *Solanum lycopersicum*.

Mentionnons pour terminer que les réactions protéidiques persistant au niveau des accumulations cribrales après action de la diastase, nous pensons qu'il faille les attribuer aux protéides du complexe phospholipidoprotéique et que l'indépendance chimique des phospholipidoprotéides cribraux est complète dans leur coexistence avec les ribonucléoprotéides en fin d'évolution cribrale, comme elle semble l'être au début sous leurs formes morphologiquement distinctes.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Saxifragacées. Développement de l'embryon chez le* Peltiphyllum peltatum *Engl.* Note de M. **André Lebègue**, présentée par M. René Souèges.

L'embryon du *Peltiphyllum peltatum* se développe selon des lois analogues à celles qui ont servi à définir le type des Campanulacées et notablement différentes de celles qui ont été observées chez les Saxifragacées. C'est la première fois que l'on rencontre, chez les Dialypétales, une espèce qui, comme les *Campanula*, se rattache au mégarchétype II de la deuxième période du système embryogénique.

La division transversale des blastomères *ca* et *cb* du proembryon bicellulaire engendre une tétrade *première*, filamenteuse, de la variante C_2 (*fig.* 4).

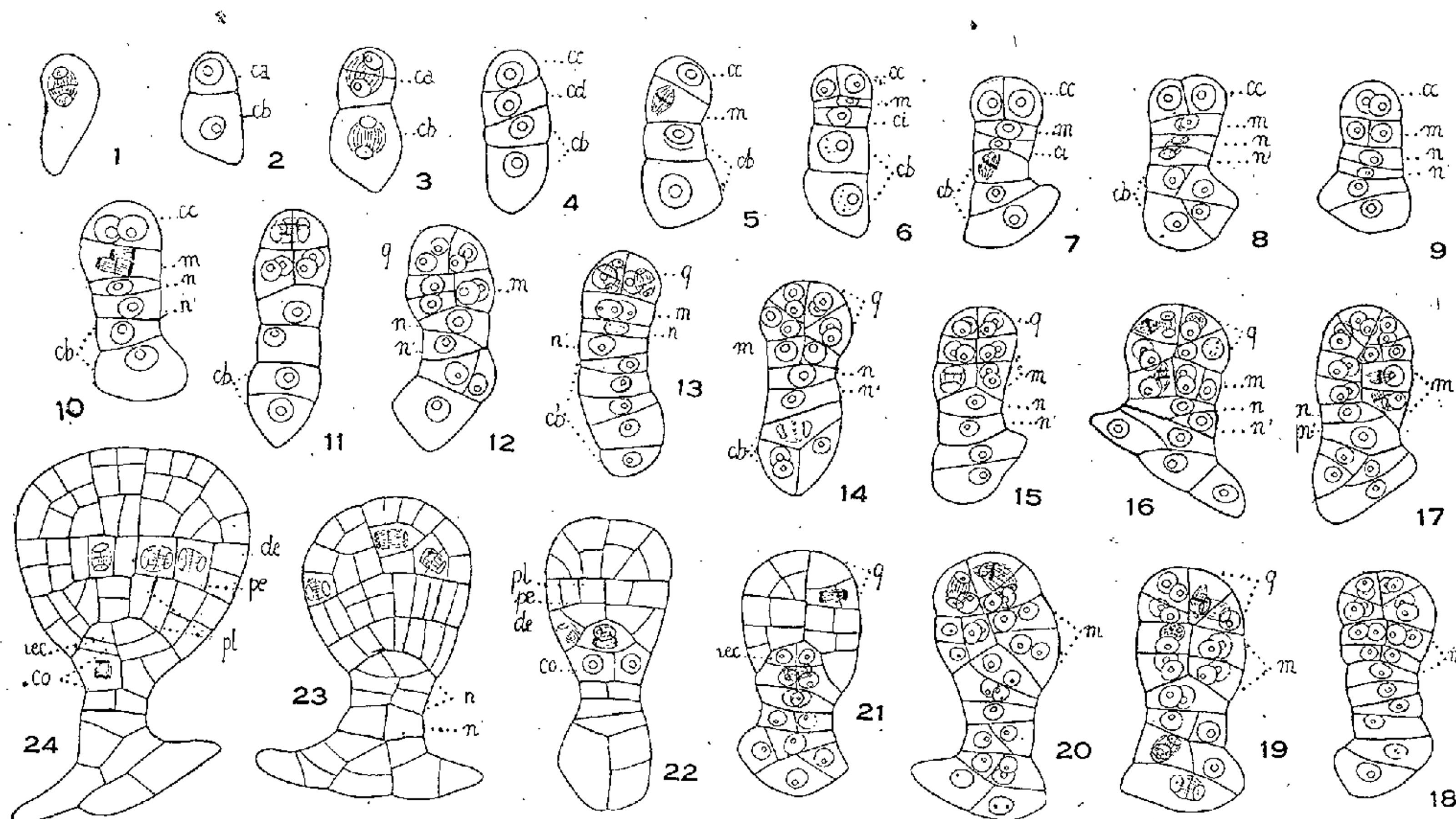


Fig. 1 à 24. — *Peltiphyllum peltatum* Engl. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou partie cotylée; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca*; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* donnant l'hypocotyle; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*; *n* et *n'*, cellules-filles supérieure et inférieure de *ci*; *q*, quadrants; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *co*, primordium de la coiffe; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome. G. : 230.

Les deux blastomères inférieurs, voisins du micropyle, n'interviennent, en aucune manière, dans la construction de l'embryon; ils donnent seulement naissance à la partie inférieure d'un suspenseur de forme et de dimensions assez variables. Aux dépens des deux éléments supérieurs *cc* et *cd*, s'édifient l'embryon et la plante future selon les règles qui caractérisent l'archétype du *Senecio vulgaris*, dans la première période, et qui trouvent leur réplique dans la deuxième, chez les *Campanula*.

La bipartition des blastomères *cc* et *cd* fournit une tétrade seconde de la catégorie A_2 (*fig.* 6). Les deux éléments supérieurs juxtaposés de cette tétrade seconde, issus

de *cc*, donnent la partie cotylée *sensu lato* par des processus de division analogues à ceux qui ont été décrits au sujet des Composées.

La cellule médiane *m* de la tétrade, issue de *cd*, fournit l'hypocotyle, Des cloisons cruciales puis des segmentations horizontales et verticales délimitent successivement les trois histogènes (*fig.* 10 à 24).

La cellule inférieure *ci* se divise tranversalement en deux éléments superposés *n* et *n'* (*fig.* 8). En ne tenant compte que des formes régulières, l'élément *n* engendre la portion centrale de la coiffe et les initiales de l'écorce de la racine. L'élément *n'* forme un petit massif suspensorial plus ou moins volumineux, trapu ou filamenteux suivant les embryons. Ses éléments supérieurs contribuent parfois à la formation de la coiffe, surtout lorsque la paroi séparatrice de *n* et de *n'* est insérée obliquement (*fig.* 17). Cet étage se raccorde sans délimitation nette avec le massif engendré par les divisions successives de la cellule basale *cb*. (*fig.* 23 et 24).

Comme on le voit, la cellule basale *cb* n'intervenant pas dans la construction de l'embryon, le *Peltiphyllum peltatum* vient donc se ranger dans la deuxième période du système embryogénique. Il appartient en outre au mégarchétype II, puisque l'élément *cd* engendre à la fois l'hypocotyle, le massif hypophysaire et quelques cellules du suspenseur.

R. Souèges, par l'étude du *Saxifraga granulata* (1), puis nous-même par l'examen de nombreuses espèces appartenant aux genres *Astilbe, Bergenia, Boykinia, Saxifraga* et *Tellima,* avons toujours constaté, chez les Saxifragoïdées, un mode de développement conforme à celui des espèces qui se rattachent, dans la deuxième période, au mégarchétype IV. Les seules espèces présentant un développement analogue à celui du *Peltiphyllum peltatum* appartiennent à la classe des Gamopétales et à la famille des Campanulacées, ainsi qu'il ressort des travaux de R. Souèges (2) sur le *Campanula patula* et le *Jasione montana,* de P. Crété (3) sur le *Lobelia syphylitica* et le *Trachelium cæruleum,* de W. C. Hewit (4) sur le *Lobelia amœna,* de S. B. Kausik et K. Subramanyam (5) sur le *Cephalostigma Schimperi,* de K. Subramanyam (6) sur l'*Isotoma longiflora* et le *Wahlenbergia gracilis.* On remarque cependant chez le *Campanula patula* que les initiales de l'écorce de la racine proviennent uniquement de l'élément *n,* tandis que celui-ci contribue également à la formation de la coiffe chez le *Peltiphyllum peltatum.*

Cette espèce classée parmi les Saxifragoïdés et retirée seulement depuis 1891 du genre *Saxifraga* semble avoir évolué secondairement au point de vue floristique dans le sens des Saxifragacées, mais elle possède des origines profondes,

(1) *Comptes rendus,* **202**, 1936, p. 240.

(2) *Comptes rendus,* **202**, 1936, p. 2009; **206**, 1938, p. 278.

(3) *Comptes rendus,* **207**, 1938, p. 177; **226**, 1948, p. 1742.

(4) *J. Eliska Mitch. Sc. Soc.,* **55**, 1939, p. 63.

(5) *Bot. Gazet.,* **109**, 1947, p. 85.

(6) *Proceed of the indian Acad. Sc.,* **26**, 1947, p. 164; *Proceed of nat. Inst. of Sc. of India,* **14**, 1948, p. 359.

totalement différentes, que les recherches embryogéniques, en s'appuyant sur des caractères plus primitifs que ceux qui servent de base aux classifications actuelles, mettent très nettement en évidence.

HISTOCHIMIE. — *Une technique nouvelle de localisation des peroxydases*. Note de MM. **Pierre Duquénois** et **Théo Guth**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les travaux actuels sur l'activité respiratoire chez les végétaux remettent en question la localisation des systèmes enzymatiques oxydants. Le micrographe est souvent désarmé lorsqu'il désire localiser les peroxydases dans des tissus simultanément riches en oxydases : celles-ci masquent l'action des premières. D'ingénieux procédés éludent parfois la difficulté : *in vitro*, Raciborski inhibe au préalable l'oxydase vraie par la chaleur; G. Bertrand effectue la recherche dans un petit appareil privé d'oxygène.

Parmi les réactions classiques, la formation de quinhydrone, produit d'oxydation de l'hydroquinol par H_2O_2 en présence de peroxydases, est susceptible de se prêter, dans les conditions que nous allons préciser, à la localisation de ces enzymes sur des coupes.

Principe. — Pour rendre la réaction applicable à l'histochimie, il faut éviter d'abord que les peroxydases ou les matières colorantes formées ne diffusent hors de la coupe et n'envahissent des tissus où elles n'ont pas pris naissance. En montant la réaction dans des liquides visqueux (glycérol, etc.), on obtient déjà une meilleure image : la répartition des peroxydases se traduit par un dépôt pulvérulent brun noir, mais la viscosité empêche la formation de cristaux et les coupes restent sombres. Nous avons ensuite eu l'idée d'imprégner les coupes d'une solution alcoolique d'hydroquinol, espérant fixer l'enzyme avant l'addition de peroxyde d'hydrogène. Par évaporation de l'alcool, la coupe se sature d'hydroquinol. En ajoutant alors très peu de soluté de peroxyde d'hydrogène, on obtient, dans les tissus où la peroxydase est présente, une cristallisation instantanée plus ou moins abondante de quinhydrone (tables prismatiques brun rouge par transparence, F 171°). Grâce à l'insolubilisation rapide de la quinhydrone qui cristallise, la diffusion n'est pas à craindre comme avec d'autres réactifs (gaïac, etc.).

Il faut aussi que la présence de laccase ne gêne pas. La technique est basée justement sur la différence de vitesse considérable entre la formation de quinhydrone aux dépens de l'air (laccase) et aux dépens de H_2O_2 (peroxydase). Dans le premier cas, sauf avec des sucs extrêmement riches en laccase, nous n'observons pas de cristaux dans l'air en une heure (un dépôt noir amorphe se produit dans l'oxygène pur). Dans le second cas, avec H_2O_2, la cristallisation est pratiquement complète en 15 mn.

Technique. — Des coupes fines, placées sur une lame, sont imprégnées d'une solution alcoolique d'hydroquinol :

Hydroquinol (hydroquinone pure cristallisée).......... 5 g
Alcool éthylique à 95°.................................... 20 cm³
(flacon jaune bouché; renouveler).

Laisser évaporer spontanément l'alcool (vers la fin de l'évaporation souffler légèrement de l'air pour obtenir une répartition de fins cristaux dans tous les tissus). Les coupes sont soulevées et placées sur une nouvelle lame. On y ajoute une goutte de soluté de peroxyde d'hydrogène à 10 volumes. On laisse les bulles se dégager quelques minutes, on couvre d'une lamelle et l'on examine dans le délai d'une heure. Dans tous les tissus contenant des peroxydases se forment très vite des cristaux rouge brun, devenant foncés par la suite, disposés sur les cellules. Ne pas rajouter d'eau ni de peroxyde, ce qui risquerait de les déplacer.

Interprétation. — Connaissant à l'avance l'anatomie des organes, la localisation est aisée. En cas de doute, une coupe, faite au même niveau, est examinée en double coloration. Ainsi, sans séparation mécanique des diverses régions d'un organe, on peut révéler le siège des manifestations peroxydasiques. Il est bon de se rappeler que des inhibiteurs empêchent, par leur présence, de déceler la peroxydase dans certains végétaux (Champignons, Levures, etc.). Notre technique, à ce point de vue encore, est préférable à l'emploi de teinture de gaïac, etc., car elle est valable en présence d'un excès de vitamine B_1.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la différenciation* in vitro *de la syrinx chez l'embryon de Canard.* Note de M. **Étienne Wolff**, Mme **Émilienne Wolff** et Mlle **Katy Haffen**, présentée par M. Maurice Caullery.

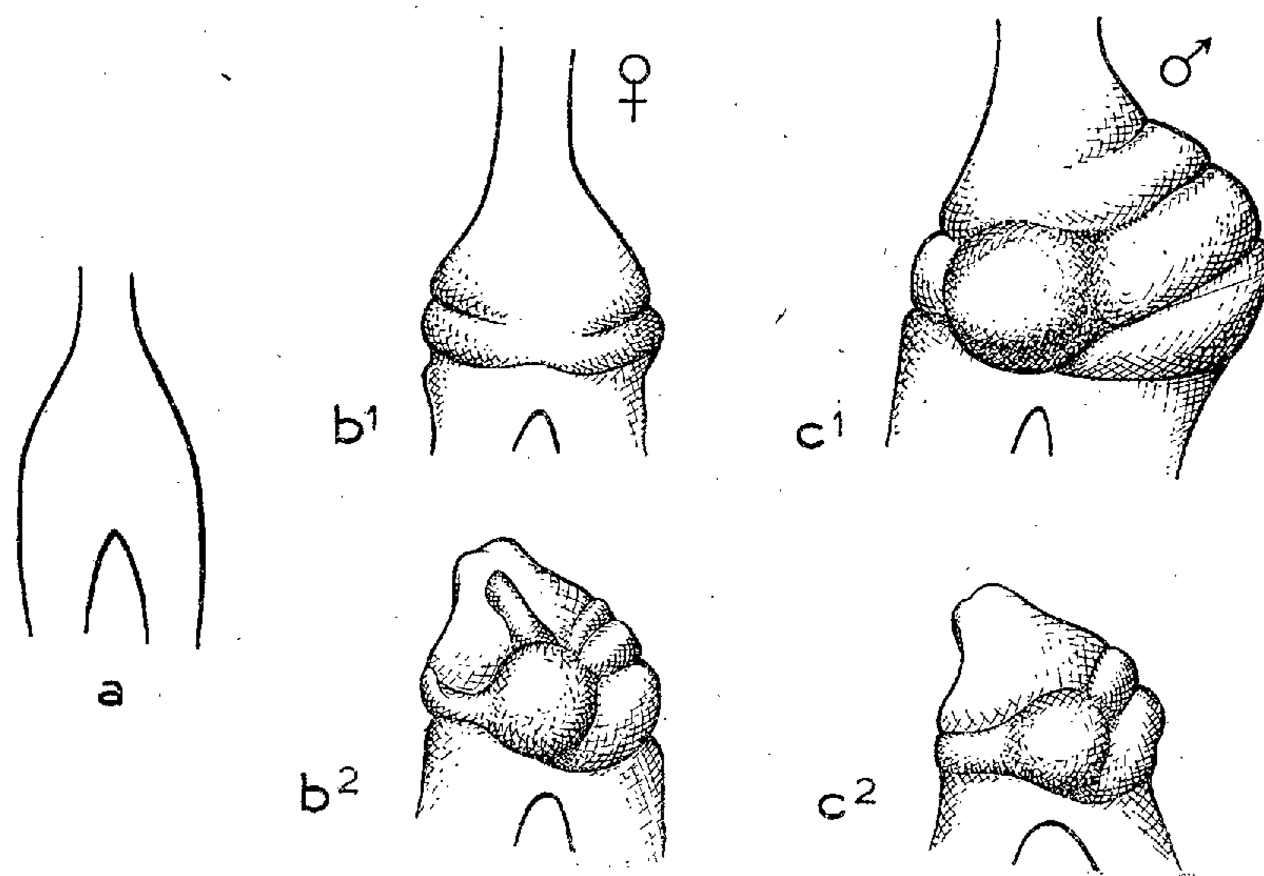
Nous avons étudié le développement en culture, hors de l'organisme (¹), de la syrinx de Canard. Cet organe a été explanté soit après, soit avant le stade de la différenciation sexuelle (10e jour). Dans les deux cas, il se développe *in vitro*; les cartilages, encore invisibles au stade du prélèvement, se différencient : on reconnaît en culture la formation successive des anneaux de cartilage que l'une de nous a décrite (²). De même qu'on peut distinguer sans aucune ambiguïté, chez l'embryon normal, les syrinx de type mâle des syrinx de type femelle (*fig. b*1 et *c*1), d'après leur forme, leur asymétrie, le développement des cartilages et certaines particularités de leur structure, telles que le tubercule mamil-

(¹) Et. Wolff et K. Haffen, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 439, et *C. R. Soc. de Biol.* (séance du 6 juillet 1951, Soc. Biol. de Strasbourg).

(²) Em. Wolff, *Bull. Biol. France-Belgique*, 84, 1951, p. 121-193.

laire chez le mâle, ces mêmes caractères permettent de reconnaître, sans équivoque et dans les mêmes délais, le mode de différenciation, mâle ou femelle, de la syrinx en explantation :

A. *Explantation après le stade de la différenciation sexuelle* (9 1/2 à 12 jours). — Les syrinx de type mâle (17 cas) présentent une nette asymétrie gauche au moment de l'explantation. La différenciation des anneaux cartilagineux débute ou se poursuit *in vitro* dans les mêmes conditions que chez l'embryon normal. Deux fortes bandes cartilagineuses apparaissent du côté gauche, alors qu'une seule bandelette apparaît du côté droit moins renflé. Vers le milieu de



Différenciation *in vitro* des syrinx explantées au stade sexuellement indifférencié : *a*, syrinx au moment de l'explantation (7 jours); b^1, syrinx d'un embryon femelle normal au 13e jour; c^1, syrinx d'un embryon mâle normal au 13e jour; b^2, syrinx provenant d'un embryon génétiquement femelle après 6 jours d'explantation (type mâle = neutre); c^2, syrinx provenant d'un embryon génétiquement mâle après 6 jours d'explantation (type mâle = neutre).

cette armature, un volumineux renflement ventral constitue le tubercule mamillaire.

Au contraire, les syrinx femelles (6 cas) que nous avons explantées ont formé des ampoules vésiculeuses à parois minces, présentant une paire d'anneaux symétriques faiblement cartilaginisés, et de forme générale symétrique.

B. *Explantation avant le stade de la différenciation sexuelle.* — Des syrinx ont été explantées aux stades de 7 et 8 jours d'incubation. A ces stades, elles se présentent sous la forme d'un léger renflement transparent, à peu près symétrique, de nature conjonctive, au carrefour de la trachée et des bronches (*fig. a*). Ni l'aspect de la syrinx, ni la structure des gonades ne permettent, à ce stade, de caractériser le sexe de l'embryon. Les gonades ont été cultivées indépendamment des syrinx; comme leur différenciation sexuelle

s'effectue hors de l'organisme ([1]), elles permettent de connaître, après quelques jours de culture, le sexe génétique des embryons d'où ont été extraites les syrinx.

Deux à trois jours après l'explantation, à un stade qui correspond par conséquent au 11e jour de l'incubation, on voit apparaître la première paire de bandelettes cartilagineuses; elles sont généralement d'emblée asymétriques, la gauche étant plus développée que la droite. En même temps, la cloison longitudinale de la syrinx, ou *pessulus*, se développe, séparant deux chambres de volume inégal; la gauche est dans la plupart des cas plus renflée que la droite.

Entre le 12e et le 15e jour du développement, l'asymétrie s'accentue : on distingue, du côté ventral gauche, deux bandes cartilagineuses, qui se soudent sur la ligne médiane, alors que, du côté droit, on n'observe qu'un cartilage plus court et plus grêle. Lorsque l'asymétrie n'est pas très considérable, un autre caractère permet de caractériser une syrinx de type mâle : c'est le développement d'un volumineux renflement ventral, le tubercule mamillaire, situé approximativement sur la ligne médiane, au point de concours des cartilages droit et gauche. Nous avons obtenu, dans 28 cas sur 29, des syrinx de type mâle incontestable, défini soit par l'un, soit par l'autre, et le plus souvent par l'un et l'autre de ces caractères (*fig.* 2*b* et 2*c*). Un explant n'a pas donné de structure mâle caractéristique.

Sur les 28 syrinx de type mâle, 13 provenaient d'embryons dont les gonades ont subi *in vitro* la différenciation mâle; 15 d'embryons dont les gonades ont subi *in vitro* la différenciation femelle. Il est donc incontestable qu'*une syrinx explantée avant la différenciation sexuelle des gonades se développe suivant le type mâle*.

Ces résultats vérifient, de façon frappante, les conclusions des recherches faites sur la castration embryonnaire ([3]) : *la forme dite mâle de la syrinx est en réalité la forme neutre ou asexuée, qui se développe en l'absence d'hormone embryonnaire*.

MICROBIOLOGIE. — *Comportement des hématozoaires de réinoculation dans le sang du Rat guéri d'infection à* Plasmodium berghei. Note de MM. **Georges Fabiani** et **Robert Vargues**, présentée par M. Gaston Ramon.

Les épreuves d'injection intra-cardiaque ou intra-péritonéale de quantités importantes d'hématozoaires permettent de préciser, dans les heures qui suivent l'inoculation, la proportion d'hématies parasitées présentes dans le sang et d'établir des courbes de parasitémie qui traduisent le degré de résistance de l'organisme.

Le Rat blanc, inoculé avec *Plasmodium berghei* (Vincke et Lips, 1949) ([1]),

([3]) Et. Wolff et Em. Wolff, *Journ. of exp. Zoöl.*, **116**, 1951, p. 59-97.

([1]) *Ann. Soc. belge de Méd. trop.*, **28**, 1948, p. 97.

présente une maladie plus ou moins sévère dont il guérit spontanément dans la moitié des cas environ. Une réinoculation d'hématozoaires de la même souche pratiquée chez un Rat guéri n'est, en général, suivie d'aucune maladie nouvelle.

Pour juger du degré de cette immunité, nous avons injecté à des animaux, guéris d'une infection première, un nombre très élevé d'hématozoaires (plusieurs centaines de millions) et nous avons ensuite suivi le taux de la parasitémie. Deux techniques ont été utilisées : l'injection intracardiaque et l'injection intrapéritonéale, qui entraînent la présence immédiate ou rapide d'hématies parasitées dans le sang périphérique. Comme nous l'avons montré précédemment ([2]), ([3]), ces injections intracardiaques ou intrapéritonéales massives aboutissent, chez l'animal neuf, sans temps de latence, à une multiplication rapide des hématozoaires qui, 24 h après, sont déjà nombreux dans le sang.

Les hématies parasitées d'un Rat à l'acmé de l'infection étant des hématies polychromatophiles de grande taille, contenant le plus souvent plusieurs hématozoaires, il est facile de reconnaître, dans l'organisme de l'animal « receveur », ces hématies parasitées provenant du « donneur » et de les distinguer des hématies acidophiles de l'animal « receveur » dans lesquelles des mérozoïtes viennent de pénétrer.

Première technique : *Epreuve de l'inoculation intracardiaque massive.* — L'injection étant faite par voie intracardiaque, les hématies parasitées sont introduites directement dans le torrent circulatoire et, dès que l'injection est terminée, sont retrouvées dans le sang périphérique (prélevé à la queue) mêlées aux hématies du « receveur ». En examinant le sang d'heure en heure, on constate que :

1° Les hématozoaires réinoculés diminuent progressivement de nombre et disparaissent totalement vers la 15e ou 20e heure.

2° A partir de la 12e ou 15e heure, quelques hématies de l'animal « receveur » sont parasitées par des trophozoïtes jeunes, provenant de la division des *Plasmodium* inoculés.

3° La multiplication des trophozoïtes décroît rapidement et les hématozoaires disparaissent du sang le 2e ou le 3e jour.

4° Chez les Rats hyperimmunisés par des réinoculations successives, aucune multiplication d'hématozoaires n'est constatée.

Deuxième technique : *Épreuve de l'inoculation intrapéritonéale massive.* — Si, au lieu d'injecter les *Plasmodium* par voie intracardiaque, on réinocule à des rats guéris une dose massive de sang parasité (contenant au moins 100 millions d'hématies parasitées), on observe les faits suivants :

([2]) R. Vargues et G. Fabiani, *Société de Biologie d'Alger*, séance du 19 juillet 1951.

([3]) G. Fabiani et R. Vargues, *id.*, séance du 19 juillet 1951.

1° Chez les animaux faiblement immunisés, les hématies polychromatophiles parasitées injectées apparaissent dans le sang circulant au cours de la première heure qui suit l'inoculation. Leur nombre croît jusqu'à la 10e heure, puis décroît, et l'on ne retrouve plus ces formes 24 h plus tard. Dès la troisième heure qui suit l'inoculation, une génération plasmodiale nouvelle, parasitant les hématies de l'animal « receveur », apparaît. Ces hématozoaires ne sont pas nombreux et disparaissent totalement en 48 h.

2° Chez les animaux plus fortement immunisés, après l'inoculation intrapéritonéale d'une quantité massive de *Plasmodium*, on ne voit que de très rares hématies parasitées dans le sang, la multiplication des hématozoaires est très faible, encore plus éphémère, et parfois ne se produit plus du tout. On peut même ne déceler dans le sang aucun des hématozoaires introduits dans le péritoine en très grand nombre.

Chez les Rats fortement immunisés par plusieurs réinoculations pratiquées après guérison de l'infection première, les hématozoaires ne se multiplient pas et sont vite détruits. Mais quand l'animal ne présente qu'une immunité faible, il se produit une multiplication des hématozoaires, qui est toutefois peu importante et très vite jugulée. Signalons que nos expériences de contrôle montrent que les faits constatés ne peuvent être confondus avec le « réveil » d'hématozoaires latents.

Ces épreuves montrent que dans l'affection à *Plasmodium berghei*, le mécanisme immunitaire est en partie comparable à celui qui intervient dans une maladie à ultravirus comme la vaccine : une forte immunisation inhibe tout développement du parasite réinoculé; une faible immunisation permet une légère multiplication de ces parasites.

Nos expériences montrent aussi la possibilité d'introduire, dans la recherche immunologique, des tests quantitatifs d'immunité puisque l'on peut connaître et la quantité d'hématies parasitées introduites et la quantité d'hématozoaires présents ensuite dans la circulation après un temps déterminé, et qu'il sera ainsi possible de préciser, par l'établissement d'indices, le degré de réceptivité que présente un animal à un parasite déterminé ou, au contraire, le degré d'immunité.

IMMUNOLOGIE. — *Fonction-transporteur et fonction-anticorps des globulines du plasma sanguin.* Note (*) de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'ensemble des expériences précédentes rattache les anticorps à la fonction-transporteur, ce qui entraîne la généralisation des phénomènes de l'immunité.

(*) Séance du 16 juillet 1951.

D'autre part, le pouvoir antigénique commun à toutes les molécules, organiques ou minérales, permet d'entrevoir la formation des anticorps et leur complication progressive à mesure que la fonction-anticorps correspond à des molécules de plus en plus complexes.

L'ensemble des expériences précédentes a mis en évidence l'adaptation spécifique des globulines plasmatiques soit avec les éléments constitutifs du plasma ([1]), et c'est, dans ce cas, une fonction *naturelle* des globulines, soit avec des éléments normalement étrangers au plasma, molécules organiques de faible poids moléculaire ([2]) ou éléments minéraux quelconques ([3]), et il s'agit alors d'une fonction *acquise* consécutivement à un traitement approprié. Cette fonction d'adaptation est caractérisée par sa spécificité étroite, sa persistance dans l'organisme, son augmentation après les injections de rappel et la manifestation fréquente du pouvoir floculant : cette fonction possède ainsi les caractères essentiels des anticorps et doit donc être définie comme une véritable « *fonction-anticorps* ». De plus, cette fonction, qui permet la combinaison de la molécule-antigène avec les protéides plasmatiques, entraîne l'admission de cet antigène dans la circulation et son « transport » dans l'organisme. On est ainsi conduit à rattacher la fonction-anticorps à un phénomène beaucoup plus général, la « *fonction-transporteur* », dans laquelle l'anticorps apparaît comme un cas particulier.

1. Il importe de rappeler que cette notion de transporteur a été introduite par Bennhold ([4]) et étendue par Macheboeuf ([5]) avec les cénapses, ce transporteur pouvant assurer soit la distribution des éléments du métabolisme soit le blocage efficace des agents toxiques. Grabar ([6]) a proposé l'assimilation des anticorps aux transporteurs par suite de l'identité de leur nature et de leurs fonctions. Or, la fonction-anticorps, considérée ici pour les petites molécules organiques ou minérales, constitue l'intermédiaire entre les transporteurs et les anticorps, en entraînant, conformément aux conclusions de Grabar ([7]), une extension considérable de l'immunité. Cette notion très générale de « transporteur » offre en plus l'avantage de débarrasser de toute finalité le concept d'anticorps : parmi les transporteurs, certains d'entre eux seulement pourront peut-être se

---

([1]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 462.

([2]) *Ann. Inst. Pasteur*, **78**, 1950, p. 1 et 151.

([3]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 111.

([4]) *Die Eiweisskörper des Blutplasmas*, Dresde, 1938.

([5]) M. Macheboeuf et F. Tayeau, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **23**, 1941, p. 49.

([6]) *Les globulines du sérum sanguin*, Liége, 1947.

([7]) « Il est certain que la formation des anticorps n'est pas limitée à la défense anti-infectieuse, mais correspond à un phénomène général ». P. Grabar, *Bull. Chim. biol.*, **26**, 1944, p. 298.

comporter comme des anticorps efficaces, sans que rien ne permette d'en décider *a priori*.

2. D'autre part, cette généralisation de l'immunité entraîne une représentation simple pour la formation de l'anticorps, ou, plus exactement, pour la transformation d'une fonction-transporteur en anticorps. Il suffit d'admettre que la complication de la globuline-transporteur reflète celle de la molécule à transporter, c'est-à-dire de l'antigène. Quand ce dernier est constitué par une molécule simple et possédant un faible poids moléculaire, un remaniement léger de la globuline normale peut suffire pour assurer l'adaptation spécifique et le transport : et rien ne distingue cette globuline parmi les autres. Ses propriétés de combinaison spécifique, c'est-à-dire sa fonction-anticorps, n'est révélée que lorsqu'elle est en présence de son antigène. Par contre, quand le poids moléculaire et la complication structurale de l'antigène augmentent, la fonction-transporteur exige une déformation si profonde que la globuline transformée s'écarte de son type initial et peut être considérée comme une molécule nouvelle : la fonction-anticorps aboutit à l'anticorps « en bouteille », isolable.

En résumé, la fonction-transporteur et la fonction-anticorps se confondent dans le cas des molécules de faible poids moléculaire. Elles résultent, toutes deux, d'une déformation spécifique de la globuline initiale, l'ampleur de cette déformation dépendant du poids moléculaire de l'antigène et de sa structure.

On peut encore remarquer que l'altération de la fonction-transporteur des éléments du métabolisme peut intervenir dans certaines pathogénies : le transport de l'acide urique dans la goutte, l'état de besoin dans l'éthylisme..., et que cette existence de fonction-anticorps correspondant à des molécules très simples explique certains états allergiques.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *La culture massive du virus de la fièvre aphteuse sur peau de fœtus en liquide amniotique déprotéiné et purifié.* Note (*) de MM. **J. André Thomas**, **Jean-Pierre Thiéry**, **Louis Salomon**, Mme **Léone Salomon** et M. **Jean-Paul Thiéry**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Une méthode nouvelle de culture *in vitro* du virus de la fièvre aphteuse permet d'obtenir aisément une production massive de virus virulent. Les cultures sont faites sur pulpe de peau de fœtus de Vache, en liquide amniotique déprotéiné et purifié, transformé en un équivalent d'ultra-filtrat. Une culture d'un demi-litre produit en 2 jours le rendement moyen en aphtes d'une vache.

La culture massive du virus de la fièvre aphteuse, soit *in vivo*, soit *in vitro*, est activement recherchée dans divers pays, étant donné son

(*) Séance du 30 juillet 1951.

importance pratique. Parmi les auteurs qui ont employé les procédés de la culture des tissus, seul H. S. Frenkel aboutit à des résultats utilisables : il s'agit principalement de la culture du virus aphteux sur lambeaux de muqueuse linguale de Bovins, préalablement aseptisée, dans un milieu d'abord très complexe et maintenant plus simple [1]. Cet auteur n'a pas poursuivi ses essais antérieurs de culture sur peau fœtale. Une autre méthode est celle que nous avons préconisée : la culture du virus aphteux sur fœtus de Bovins en survie par perfusion aseptique [2], [3]. Continuant nos travaux, nous cherchons quelle est la technique la plus simple et de meilleur rendement.

On sait, d'autre part, que H. S. Simms et ses collaborateurs à partir de 1937 [4], puis divers auteurs ont montré que le sérum sanguin ultrafiltré, dépourvu de protéines précipitables et de substances inhibitrices de la croissance, est un milieu qui convient à la survie et, au moins pendant quelque temps, à la multiplication des cellules; les virus cultivent dans les cellules vivant en sérum ultrafiltré. Les difficultés techniques qui peuvent provenir de la préparation soit des fragments de muqueuse linguale septique, soit des milieux de culture, en particulier l'obtention en grande quantité des ultrafiltrats ou des dialysats de sérum, sont facilement levées par l'utilisation de la peau de fœtus et du liquide amniotique de Vache convenablement traité.

Nous transformons ce liquide en le débarrassant de ses protéines et en le purifiant par une méthode simple [5]. Nous obtenons ainsi, à volonté et en quantité, une gamme d'équivalents de dialysats ou d'ultrafiltrats de richesses différentes, ne donnant pas de précipitation avec les acides trichloracétique et sulfosalicylique. Les liquides trop appauvris, en substances minérales notamment, ne permettent pas de cultiver le virus aphteux, tandis que les liquides suffisamment riches, mais déprotéinés, fournissent une culture virulente, même s'ils ont été chauffés à 60°C pendant une heure.

La peau de fœtus de petite taille (au plus 40 cm) est lavée puis finement pulpée au hache-viande. La peau peut être conservée quelques jours au froid (2 à 4°C). Les cultures sont faites en mélangeant la pulpe de peau (1/10), la solution virulente (1/10) et le liquide amniotique purifié (8/10). Ce liquide permet de concentrer fortement les fragments de tissus. Nous avons utilisé

---

(1) *Voir* H. S. FRENKEL, *Am. J. Vet. Research*, **11**, 1950, p. 371-373.

(2) J.-A. THOMAS, L. SALOMON et L. SALOMON, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 310.

(3) J.-A. THOMAS, J.-P. THIERY, L. SALOMON et LÉONE SALOMON, *Bull. Off. intern. Epizooties*, **35**, 1951, p. 54-61.

(4) *Voir* H. S. SIMMS et M. SANDERS, *Arch. Path.*, Chicago, **33**, 1942, p. 619-635.

(5) J.-A. THOMAS et J.-P. THIERY, *Publication en préparation.*

un virus aphteux o de haute virulence pour la Vache (actif à la dilution de 10^{-7} et même 10^{-8}) et passant facilement sur le Cobaye (actif à 10^{-4}). A la mise en culture, la dilution virulente est de 1/500, cette semence initiale serait elle-même diluée 10 fois à chaque passage ultérieur s'il n'y avait pas culture (les culots de centrifugation sont broyés et dilués dans leur liquide de culture; le broyat ainsi obtenu est inoculé aux sub-cultures au 1/10). Les cultures d'entretien de la souche sont de 10 ou 20 cm^3, en fiole conique; elles sont incubées à la température de 36°C. On peut y ajouter, pour plus de commodité, un antibiotique comme la pénicilline G (1000 U. O. pour 10 cm^3 par exemple).

Nous avons éprouvé la virulence des cultures au deuxième jour d'incubation, par inoculation intradermique du broyat dans le coussinet plantaire du Cobaye. Les cultures des quatre premiers passages, puis celles entretenues par l'un de nous sur un dialysat (6) et passées du 25e au 30e passage en liquide amniotique purifié ont toutes communiqué au Cobaye une fièvre aphteuse généralisée. Un titrage sur cet animal, fait au 30e passage a montré que le virus était toujours actif à la dilution de 10^{-3} et parfois même de 10^{-4}.

Les expériences de culture en masse ont été faites au 27e passage, par demi-litre (pulpe de peau : 50 cm^3, broyat virulent du 26e passage : 50 cm^3, liquide amniotique purifié : 400 cm^3). Ce milieu est réparti en fioles plates, dites fioles à toxine, de 1 l. La suspension tissulaire est mélangée et aérée continuellement par un mouvement de balancement imprimé aux fioles par un agitateur mécanique (6 oscillations par minute, allant jusqu'à découvrir la moitié du fond des fioles). Au 2e jour, le broyat de culture (pH = 7,25) communique une fièvre aphteuse généralisée au Cobaye.

Conclusions. — La production massive du virus de la fièvre aphteuse peut être obtenue avec facilité par culture *in vitro* sur peau de fœtus de Vache en liquide amniotique déprotéiné et purifié. Une culture d'un demi-litre donne, en deux jours, 50 g de pulpe virulente, ce qui est à peu près le rendement moyen en aphtes d'une Vache. Nous pensons que le liquide amniotique ainsi préparé pourra servir à la culture d'autres virus.

---

(6) L. Salomon, *Thèse de Doctorat ès sciences*, Paris, 1951 (en cours de rédaction).

La séance est levée à 15 h 40 mn. L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 AOÛT 1951.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Walter Lambert**, Correspondant de l'Académie, Président de l'Association internationale de Géodésie, qui assiste à la séance.

CHIMIE AGRICOLE. — *Réaction des sols à l'apport de phosphates solubles. Doses isodynames.* — Note de MM. **Albert Demolon** et **Pierre Boischot**.

Les recherches que nous relatons concernent l'effet d'un apport de phosphates solubles sous forme de superphosphate sur la concentration des solutions existant dans les sols. Elles ont porté sur un nombre important de sols, de pH compris entre 5,7 et 8,3. La technique adoptée consistait à leur ajouter des doses croissantes de superphosphate en présence d'eau; le rapport terre/eau était constant et égal à 1:2. Après 6 h d'agitation, on dosait P_2O_5 restant en solution. On sait que dans ces conditions, il y a fixation rapide de P_2O_5 à l'état de combinaisons relativement insolubles par voie d'adsorption en présence de l'argile calcique ou de CO_3Ca (1). Quant au phosphate dicalcique précipité provenant de la dissociation de PO_4HCa, il n'introduit aucune perturbation, sa solubilité étant très supérieure aux concentrations des solutions présentes dans le sol.

Dans le diagramme ci-joint, nous avons fait figurer quelques-unes des courbes obtenues. Pour fixer les idées, nous indiquerons :

1° Qu'une dose de 500 kg : ha de super à 16 %, soit 80 kg de P_2O_5, correspond à environ 2 mg de P_2O_5 pour 100 g de terre; 2° Que dans un milieu dénué de pouvoir fixateur et pour le rapport 1/2 adopté, la concentration de la solution serait de 10 mg par litre.

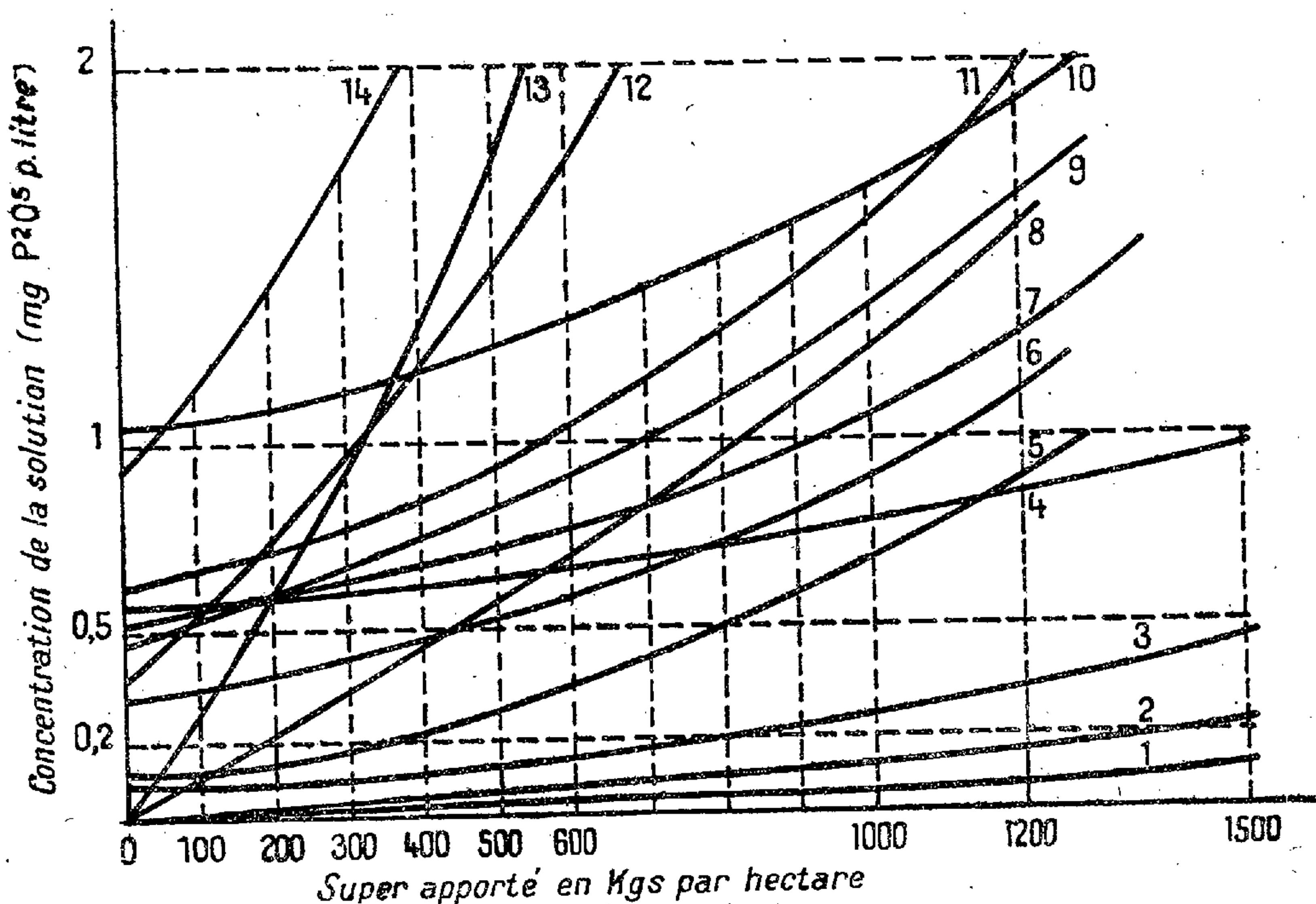
---

(1) Barbier et Chabannes, *Ann. Agr.*, 16, 1946, p. 733 et 19, 1949, p. 343; Boischot, Coppenet et Hébert, *Ann. Agr.*, 19, 1949, p. 103.

Les chiffres de 0,1 à 1 mg, observés dans nos expériences, impliquent une fixation de 99 à 90 %, due à ce qu'on se trouve fort éloigné de la saturation. Celle-ci peut atteindre dans un sol de limon 50 milliéq. pour 100 g ([2]), soit environ 5000 kg de P_2O_5 : ha; ce chiffre peut s'abaisser au-dessous de 1000 kg. On conçoit donc qu'une même dose d'engrais amènera les sols à un niveau plus ou moins éloigné de la zone de saturation.

L'examen des courbes conduit en outre à un certain nombre de conclusions indépendantes de toute considération relative à la nature des réactions :

On constate, tout d'abord, que chaque sol réagit d'une façon particulière.



Les équilibres dépendent uniquement de la constitution du complexe absorbant, c'est-à-dire de la teneur en argile et en matières humiques. Tandis que l'accroissement du taux d'argile augmente la fixation, les humates exercent une action opposée c'est-à-dire protectrice, même à petites doses, soit par revêtement des micelles argileuses ([3]), soit par une action d'antagonisme entre les deux anions ([4]).

La concentration initiale est souvent faible et voisine de 0,1 mg : l. Elle reste comprise entre 0,20 et 0,40 dans un grand nombre de sols en culture; dans certains cas, elle atteint l'optimum soit 1 à 3 mg, notamment pour des

([2]) S. Toth et F. Bear ont trouvé de 0,03 à 64,4 m. éq., *Soil Sc.*, 64, 1947, p. 199.

([3]) Chaminade, *Ann. Agr.*, 14, 1944, p. 1653.

([4]) Demolon et Bastisse, *Ann. Agr.*, 4, 1934, p. 53.

terres sableuses ou humifères, sans que l'analyse permette de prévoir ce résultat. C'est seulement pour des sols de même constitution que la concentration initiale de la solution présente une corrélation positive avec la teneur en P_2O_5 dit « assimilable ». Les courbes étant alors parallèles, cette dernière constitue dans ces conditions un critérium des doses nécessaires à l'obtention d'un même niveau final.

Les courbes des concentrations en fonction des doses croissantes de P_2O_5 se montrent très variables et indépendantes du taux initial : elles ont une allure ascendante jusqu'aux doses maxima utilisées. Comme elles sont sensiblement rectilignes dans la région voisine de l'origine qui nous intéresse particulièrement, le pouvoir de rétention du sol peut être mesuré par la pente ou, de façon plus expressive pour l'agronome, par l'accroissement de concentrations « C » résultant d'une même dose ajoutée (500 kg par ex.). On se trouve ainsi amené à introduire la notion *d'isodynamie*. Deux doses seront dites « *isodynames* » lorsque, appliquées à des sols différents, elles accroissent d'une même quantité la concentration d'équilibre de la solution du sol. Ces doses sont inversement proportionnelles à « C » et varient pratiquement dans le rapport de 1 à 10. Une augmentation de 0,1 nécessite en général une dose de 50 à 250 kg de superphosphate, cette quantité pouvant être beaucoup plus élevée dans les sols à fort pouvoir de rétention.

Par ailleurs, les doses nécessaires pour atteindre 1 mg par litre peuvent dépasser 1500 kg. On conçoit donc l'intérêt d'une fumure de fond destinée à relever la concentration initiale des sols reconnus pauvres à l'analyse quand la valeur de C est basse.

Les parcelles du Centre de Versailles qui, depuis 1930, reçoivent annuellement des doses élevées d'engrais, ont été examinées au même point de vue. Le sol laissé nu est un limon moyen voisin de la neutralité.

	Quantité P_2O_5 incorporée annuellement kg : ha.	pH initial 1930.	pH final 1950.	Concentration de la solution du sol ($mg\ P_2O_5/l$) sans apport.	Accroissement pour 500 kg de super.
Phosphate d'ammoniaque..	375	6,5	5,3	32	2,8
Superphosphate...........	160	6,5	6,1	8,0	1,0
Phosphate naturel.........	300	6,5	6,6	2,8	0,6
Fumier (100 t : ha an).....	300	6,5	7,2	38	5,0
CO_3Ca (1800 kg : ha)......	–	6,5	8,3	traces	0
Terre initiale.............	–	6,5	6,3	0,24	0,6

Les parcelles recevant chaque année 375 kg P_2O_5 : ha du phosphate d'ammoniaque sont parvenues à saturation après un apport d'environ 5 t de P_2O_5, soit 54 milliéq. pour 100 g, ou 1,30 ‰ de P_2O_5 soluble dans le réactif citrique. La parcelle ayant constamment reçu du super (3 t P_5O_5 : ha) fournit une concentration initiale moins élevée et n'a d'ailleurs pas atteint sa capacité de

saturation. L'effet du phosphate naturel, beaucoup moins marqué, est cependant positif. L'apport de fumier met en évidence l'action mobilisante des matières humiques; il a relevé au maximum la concentration initiale. Enfin, CO_3Ca a déterminé le blocage de P_2O_5 qui accompagne toujours le surchaulage.

Ces divers résultats confirment nos observations antérieures ([5]) sur l'insuffisance de la détermination du stock de P_2O_5 dit « assimilable » et même de l'expérimentation culturale en un point donné, lorsqu'il s'agit de préciser les doses d'engrais recommandables dans chaque cas particulier.

Nous avons défini antérieurement la « concentration critique d'équilibre » ([6]). Il est préférable, en pratique, dans la détermination des doses de superphosphates, d'utiliser le coefficient d'efficacité dont nous venons d'indiquer un mode simple de détermination. On tiendra ainsi compte de la réaction individuelle de chaque sol On s'apercevra que l'absence de réponse constatée au champ n'est pas toujours imputable à la richesse du sol, mais qu'elle peut être due à l'insuffisance des doses appliquées.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Acta morphologica Academiæ scientiarum Hungaricæ*, Tomus I, fasciculus I.

2° Ali Razmara. — *Géographie de Kurdustan, de Kermanchah, de Putch-Kouh, de Lurestan, de Ghilan et Mazanderan, de Khourasan, des îles du Golfe Persique* (en langue persane).

3° Hossein Ali Razmara. — *Guide géographique de Téhéran. Dictionnaires géographiques de l'Iran* (3 volumes) (en langue persane). *Notice on Razmara Method for teaching topographical Surveying and geodetic Works.*

4° A. Chreki. — *L'Iran géologique et géographique. Irak, extrait des études agricoles, économiques et sociales réservées à l'Encyclopédie du Moyen-Orient. Razmara, homme célèbre d'Iran* (en langue persane).

5° *Œuvres et recherches de l'Acad. Ibrahim Bey Chreki.*

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Remarque sur les notions d'indépendance et de non-contradiction.* Note de M. **Alan Rose**, présentée par M. Louis de Broglie.

On dit qu'une formule $\mathfrak{A}$ est *indépendante* d'un ensemble E de formules et d'un ensemble F de règles de déduction si l'on ne saurait déduire $\mathfrak{A}$ des for-

---

([5]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1381.

([6]) Demolon et Barbier, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 765.

mules de E en se servant des règles de F. On pourrait supposer que cela revient à affirmer que l'on peut ajouter la formule $\overline{\mathfrak{A}}$ aux formules de E sans aboutir à une contradiction. L'exemple suivant montre qu'il n'en est pas nécessairement ainsi.

Nous supposons que l'ensemble E se compose des formules suivantes :

(*a*) $$((X \rightarrow \overline{X}) \rightarrow X) \rightarrow X,$$

(*b*) $$X \rightarrow (Y \rightarrow X),$$

(*c*) $$(\overline{Y} \rightarrow \overline{X}) \rightarrow (X \rightarrow Y),$$

(*d*) $$(X \rightarrow Y) \rightarrow ((Y \rightarrow Z) \rightarrow (X \rightarrow Z)),$$

que nous considérons comme des formules du calcul des propositions à deux valeurs. Comme règles de déduction nous prenons la substitution et le *modus ponens*. Ensuite, nous prenons pour $\mathfrak{A}$ la formule

$$(\overline{X} \rightarrow X) \rightarrow X.$$

M. Wajsberg (¹) a démontré que les formules qui sont des thèses de la logique trivalente de Łukasiewicz (²), et ces formules seulement, peuvent se déduire des formules (*a*), (*b*), (*c*), (*d*) au moyen des règles de déduction citées plus haut. Or, puisque la formule $\mathfrak{A}$ prend la valeur 1/2 lorsque X prend la valeur 1/2, on ne saurait déduire $\mathfrak{A}$ des formules (*a*), (*b*), (*c*), (*d*) en se servant des règles citées plus haut. Mais, ajouter aux formules (*a*), (*b*), (*c*), (*d*) la formule

$$\overline{(\overline{X} \rightarrow X) \rightarrow X}$$

c'est ajouter aux axiomes une formule qui n'est pas une thèse du calcul des propositions à deux valeurs. Il résulte immédiatement d'un théorème de l'auteur sur la saturation des formalisations (³) des calculs des propositions de Łukasiewicz, qu'en se servant des règles de déduction déjà citées, on peut déduire, de l'ensemble d'axiomes ainsi étendu, n'importe quelle formule du calcul des propositions.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les équations du champ unitaire et leurs approximations.* Note (*) de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

La seule hypothèse consiste à supposer le champ antisymétrique assez petit pour en négliger la troisième puissance. Aucune restriction n'a besoin d'être faite sur l'ordre de grandeur des potentiels de gravitation. On examine les solutions obtenues suivant le choix du tenseur de base.

(¹) *Comptes rendus* (*Varsovie*), Classe III, **24**, 1931, p. 259.
(²) *Ruch filozoficzny*, 5, 1920, p. 169.
(³) *Math. Annalen*, **122**, 1950, p. 296.
(*) Séance du 23 juillet 1951.

Les équations des champs $R_{\mu\nu} = \lambda r_{\mu\nu}$ s'obtiennent à partir d'une fonction d'action convenablement choisie. Dans ces équations $R_{\mu\nu}$ s'exprime en fonction de la connexion affine $\Gamma^{\rho}_{\mu\nu} = \Gamma^{\rho}_{\underline{\mu\nu}} + \Gamma^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu\nu}}$ mais, contrairement à ce qui se passe en relativité générale, il existe une certaine latitude dans le choix de $R_{\mu\nu}$: nous avons discuté antérieurement trois possibilités (¹). D'autre part, la dérivation covariante du tenseur métrique $r_{\mu\nu} = \gamma_{\mu\nu} + \varphi_{\mu\nu}$ n'est pas nulle quand on la rapporte aux coefficients Γ. Elle le devient quand on l'écrit avec des coefficients Δ' dont nous avons, dans chaque cas, précisé la valeur (¹). En désignant cette dérivation par ; nous avons, par définition, $r_{\mu\nu;\rho} = 0$, équation qui détermine Δ' en fonction des champs $r_{\mu\nu}$.

Pour obtenir les équations des champs il convient donc d'abord d'exprimer $R_{\mu\nu}$ en fonction de Δ'. Posons

$$\Delta'^{\rho}_{\mu\nu} = \left\{ {\rho \atop \mu\nu} \right\} + \Delta''^{\rho}_{\mu\nu}, \quad \text{avec} \quad \Delta''^{\rho}_{\mu\nu} = u^{\rho}_{\mu\nu} + \Delta'^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu\nu}} \qquad (u^{\rho}_{\mu\nu} \text{ sym. en } \mu, \nu),$$

les symboles $\{\quad\}$ écrits avec les γ désignant les habituels symboles de Christoffel. Après calculs, on trouve que $R_{\mu\nu}$ et, par conséquent, les équations des champs peuvent toujours s'écrire de la manière suivante :

$$(1) \qquad R_{\mu\nu} = \mathring{G}_{\mu\nu} + \mathring{D}_{\rho} \Delta''^{\rho}_{\mu\nu} - \frac{1}{2} \mathring{D}_{\mu} \mathring{D}_{\nu} \operatorname{Log} r + \Delta''^{\lambda}_{\mu\nu} u_{\lambda} - \Delta''^{\lambda}_{\mu\rho} \Delta''^{\rho}_{\lambda\nu} + K_{\mu\nu} = \lambda r_{\mu\nu}.$$

en désignant par $\mathring{G}_{\mu\nu}$, $\mathring{D}_{\rho}$ le tenseur de courbure (écrit avec les $\{\quad\}$) et les

---

(¹) M. A. TONNELAT, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2407.

Rappelons les trois cas discutés :

1° $R_{\mu\nu}$, écrit avec les Γ, généralise le tenseur utilisé en relativité générale

$$R_{\mu\nu} = R^{\rho}_{\mu\nu\rho}(\Gamma) = \partial_{\rho} \Gamma^{\rho}_{\mu\nu} - \partial_{\nu} \Gamma^{\rho}_{\mu\rho} + \Gamma^{\sigma}_{\mu\nu} \Gamma^{\rho}_{\sigma\rho} - \Gamma^{\sigma}_{\mu\rho} \Gamma^{\rho}_{\sigma\nu}$$

$r_{\mu\nu;\rho} = 0$ pour une connexion

$$\Delta'^{\rho}_{\mu\nu} = \Gamma^{\rho}_{\mu\nu} + \frac{2}{3} \delta^{\rho}_{\mu} \Gamma_{\nu}.$$

2° $R_{\mu\nu}$ s'écrit de la même façon $R^{\rho}_{\mu\nu}(\Delta)$, avec les coefficients

$$\Delta^{\rho}_{\mu\nu} = \Gamma^{\rho}_{\mu\nu} + \frac{1}{3} \left(\delta^{\rho}_{\mu} \Gamma_{\nu} - \delta^{\rho}_{\nu} \Gamma_{\mu} \right)$$

$r_{\mu\nu;\rho} = 0$ pour une connexion

$$\Delta'^{\rho}_{\mu\nu} = \Delta^{\rho}_{\mu\nu} + \frac{1}{2} r_{\mu\nu} \left(f^{\rho} + \bar{f}^{\rho} \right) - \frac{1}{2} \delta^{\rho}_{\mu} r_{\nu\lambda} \left(f^{\lambda} - \bar{f}^{\lambda} \right) + \frac{1}{6} \delta^{\rho}_{\nu} r_{\mu\lambda} f^{\lambda} - \frac{1}{2} \delta^{\rho}_{\nu} r_{\mu\lambda} \bar{f}^{\lambda}.$$

3° $R_{\mu\nu}$ est une expression « hermitienne » formée comme suit (*Cf. Einstein*, *Appendix*, 2ᵉ édit.) :

$$4 R_{\mu\nu}(\Delta) = 2 \left[R^{\rho}_{\mu\nu\rho}(\Delta) + R^{\rho}_{\nu\mu\rho}(\tilde{\Delta}) \right] - \left[R^{\rho}_{\rho\mu\nu}(\Delta) + R^{\rho}_{\rho\nu\mu}(\tilde{\Delta}) \right]$$

$r_{\mu\nu;\rho} = 0$ pour une connexion

$$\Delta'^{\rho}_{\mu\nu} = \Delta^{\rho}_{\mu\nu} + \frac{1}{2} r_{\mu\nu} \bar{f}^{\rho} + \frac{1}{6} \left(\delta^{\rho}_{\mu} r_{\lambda\nu} - \delta^{\rho}_{\nu} r_{\mu\lambda} \right) f^{\lambda} - \frac{1}{2} \left(\delta^{\rho}_{\mu} r_{\nu\lambda} - \delta^{\rho}_{\nu} r_{\mu\lambda} \right) \left(f^{\lambda} - \bar{f}^{\lambda} \right).$$

dérivées covariantes utilisés dans un espace de Riemann. $K_{\mu\nu}$ dépend du tenseur $R_{\mu\nu}$ adopté.

Dans le cas 1° où la compatibilité des équations impose la condition $\sqrt{-r}f_\mu = \partial_\rho \mathcal{F}^{\mu\rho} = 0$, on obtient simplement :

$$(2) \qquad 3K_{\mu\nu} = -2(\partial_\mu \Gamma_\nu - \partial_\nu \Gamma_\mu) \qquad \left(\Gamma_\mu = \Gamma^\rho_{\underset{\vee}{\mu\rho}}\right).$$

Dans les cas 2° et 3° aucune condition de compatibilité n'intervient et f_μ est quelconque. S'il s'agit de $R^\rho{}_{\mu\nu\rho}(\Delta)$ (cas 2) on a

$$(3) \qquad 2\sqrt{-r}\,K_{\mu\nu} = -r_{\mu\nu}\,\partial_\rho \mathcal{F}^{\bar{\rho}} + \sqrt{-r}\left[\partial_\mu\left(f_\nu - f_{\bar{\bar{\nu}}}\right) - \partial_\nu\left(f_\mu - f_{\bar{\bar{\mu}}}\right)\right]$$
$$-\sqrt{-r}\left(f_\mu - f_{\bar{\bar{\mu}}}\right)\left(f_\nu - f_{\bar{\bar{\nu}}}\right),$$

tandis que pour l'expression hermitienne qui constitue le tenseur d'Einstein $R_{\mu\nu}(\Delta) = U_{\mu\nu}(\Gamma)$, on obtient

$$(4) \quad 6\sqrt{-r}\,K_{\mu\nu} = -3r_{\mu\nu}\,\partial_\rho \mathcal{F}^{\bar{\rho}} + 3\sqrt{-r}\left[\partial_\mu\left(f_\nu - f_{\bar{\bar{\nu}}}\right) - \partial_\nu\left(f_\mu - f_{\bar{\bar{\mu}}}\right)\right] - \sqrt{-r}(\partial_\mu f_\nu - \partial_\nu f_\mu)$$
$$-3\sqrt{-r}\left(f_\mu - f_{\bar{\bar{\mu}}}\right)\left(f_\nu - f_{\bar{\bar{\nu}}}\right) + \sqrt{-r}\left(f_\mu + f_{\bar{\mu}}\right)\left(f_\nu - f_{\bar{\nu}}\right).$$

Les équations des champs sont donc données par (1), $K_{\mu\nu}$ se déduisant de (2), (3) ou (4) suivant le choix du tenseur de base et Δ' étant toujours solution de l'équation $r_{\mu\nu;\rho} = 0$ que nous avons précédemment résolue.

Jusqu'à présent nous n'avons fait aucune approximation. La solution générale de $r_{\mu\nu;\rho} = 0$ conduit aux équations rigoureuses (et non linéaires) des champs. Sans faire aucune hypothèse sur la partie symétrique $\gamma_{\mu\nu}$ du tenseur métrique (et en particulier sans qu'il soit nécessaire d'admettre l'approximation quasi euclidienne) nous supposerons seulement que le champ antisymétrique $\varphi_{\mu\nu}$ est petit ($\sim \varepsilon$) ainsi que ses dérivées de façon à négliger les termes en ε^3 devant l'unité. Dans ce cas la solution générale de $r_{\mu\nu;\rho} = 0$ se réduit à

$$\Delta'_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} = \mathring{D}_\rho\,\varphi_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\varphi_{\mu\nu\rho} \qquad (\varphi_{\mu\nu\rho} = \partial_\mu\varphi_{\nu\rho} + \partial_\rho\varphi_{\mu\nu} + \partial_\nu\varphi_{\rho\mu})$$

et, d'après (1), les équations $R_{\mu\nu} = \lambda r_{\mu\nu}$ s'écrivent simplement

$$(6) \qquad \mathring{G}_{\mu\nu} + \mathring{D}_\rho\,u^\rho_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\mathring{D}_\mu\,\mathring{D}_\nu\,\mathrm{Log}\,r - \Delta'^{\lambda}_{\underset{\vee}{\mu\rho}}\,\Delta'^{\rho}_{\underset{\vee}{\lambda\nu}} + K_{\underline{\mu\nu}} = \lambda\gamma_{\mu\nu},$$

$$(7) \qquad \mathring{D}_\rho\,\Delta'^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu\nu}} + K_{\underset{\vee}{\mu\nu}} = \lambda\varphi_{\mu\nu}.$$

Dans un espace à courbure constante tel que

$$R^\rho_{\mu\nu\sigma} = \frac{\lambda}{3}(\gamma_{\mu\nu}\,\delta^\rho_\sigma - \gamma_{\mu\sigma}\,\delta^\rho_\nu),$$

on a,

$$(8) \qquad \mathring{D}^\rho\varphi_{\mu\nu\rho} = \mathring{\Box}\,\varphi_{\mu\nu} + (\partial_\mu f_\nu - \partial_\nu f_\mu) - \frac{4\lambda}{3}\varphi_{\mu\nu} \neq 0 \qquad \text{et} \qquad \partial^\rho\varphi_{\mu\rho} \simeq f_\mu.$$

La comparaison de (5), (7) et (8) conduit aux équations électromagnétiques [1]

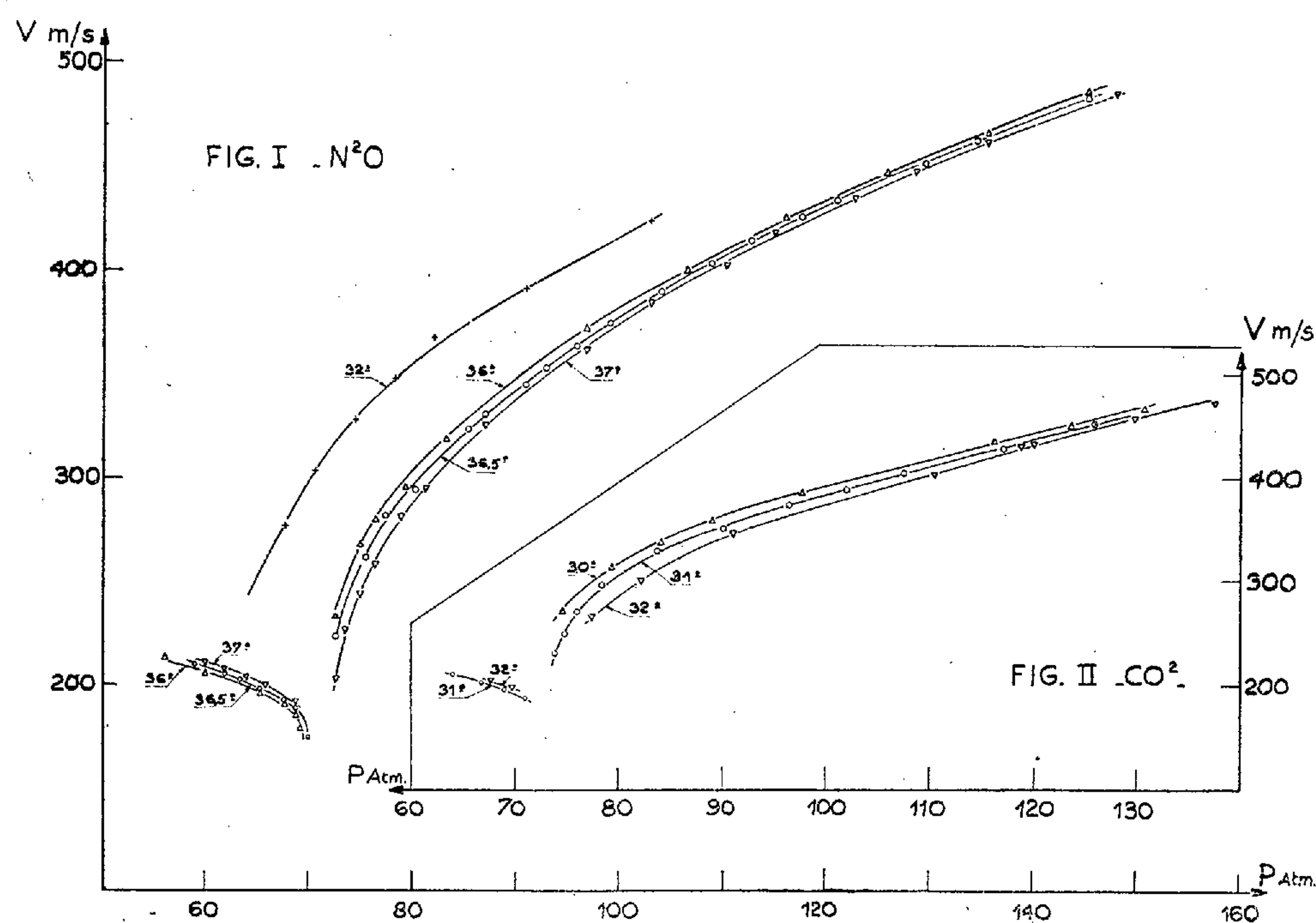
$$(9) \qquad \mathring{\square}\,\varphi_{\mu\nu} - (\partial_\mu f_\nu - \partial_\nu f_\mu) + 2\,K_{\underset{\vee}{\mu\nu}} = \frac{2\lambda}{3}\,\varphi_{\mu\nu}.$$

Ce ne sont pas en général des équations maxwelliennes, car $\varphi_{\mu\nu\rho} = 0$ n'est pas forcément réalisé.

Par contre, les équations de la gravitation sont, en première approximation et dans tous les cas, celles de la relativité générale $\mathring{G}_{\mu\nu} = \lambda\gamma_{\mu\nu}$. L'approximation joue d'ailleurs uniquement sur les termes qui manifestent l'influence de l'électromagnétisme et qui représentent, dans (6), une contribution du second ordre.

ACOUSTIQUE. — *Étude de la vitesse des ultrasons dans les fluides au voisinage du point critique.* Note de M. **Jack Noury**, présentée par M. Gustave Ribaud.

J'avais réalisé antérieurement un dispositif permettant de mesurer la vitesse de propagation des ultrasons dans les gaz comprimés au moyen de la méthode



de la diffraction de la lumière par les ondes ultrasonores [1]. Cette installation qui avait permis d'obtenir quelques résultats préliminaires [2] dans le cas de

(1) *Cf.* M.-A. Tonnelat, *J. Phys.*, 12, 1951, p. 81. Ces équations ont déjà été écrites mais dans le cas 3° seulement.

(1) R. Lucas et P. Biquard, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2132.

(2) J. Noury, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 337 et 378.

l'anhydride carbonique commercial relativement pur, a été notablement perfectionnée au cours de ces dernières années.

J'ai pu ainsi effectuer des mesures de la vitesse des ultrasons dans CO_2 et dans NO_2, avec une précision de $\pm 2\ \%$ pour le liquide et de $\pm 3\ \%$ pour la vapeur.

Voici les résultats expérimentaux qui ont été obtenus avec un quartz oscillant de 3 mm (fréquence : 950 K cycles environ) en suivant les isothermes les plus voisines de l'état critique de ces deux fluides. Ces résultats sont donnés d'une manière complète pour N_2O, sous la forme du tableau I et des courbes correspondantes (*fig.* 1). Pour CO_2, faute de place, je me suis limité ici à la figure II.

TABLEAU I. : N_2O.

37° C		36,5° C		36° C		32° C	
P. Atm.	V. m : s.	P. Atm.	V. m : s.	P. Atm.	V. m : s.	P. Atm.	V. m : s.
148,5	486,5	145,2	484	145,2	486	103	425
135,5	463,5	134,5	465	135,5	468	91	390
128,6	449	129,7	453	125,8	449	82,2	369
122,8	432,5	121	435,5	116,1	426,5	78,4	348
115,1	419	117,6	426,5	106,5	401	74,5	328
110,3	403,5	112,7	415,5	96,8	373	70,6	304
103	385,5	108,9	404,5	87,1	336,5	67,7	277
96,8	362	104	391	83,2	319,5	63,8	240,8
87,1	326,5	99,2	376	79,3	296	60	198,5
81,3	295	95,8	364,5	76,4	280,5	–	–
78,9	282	92,9	354	75	268,5	–	–
76,4	258	91	345,5	72,6	233,5	–	–
75	244	87,1	331,5	69,2	179	–	–
73,5	227,5	85,5	324	68,7	185	–	–
72,6	203	80,3	294,5	67,7	190,5	–	–
68,7	191	77,4	282,5	65,3	196	–	–
65,8	198,5	75,5	262	63,3	200	–	–
63,9	203	72,6	223	60	205	–	–
61,9	204,5	70	174	56,1	213,5	–	–
60	210	67,7	193,5	–	–	–	–
–	–	65,3	197,5	–	–	–	–
–	–	63,4	202,5	–	–	–	–
–	–	61,9	205	–	–	–	–
–	–	59	209,5	–	–	–	–

La chambre à expérience est placée dans un double thermostat. L'un, extérieur, à air, est contrôlé par un thermomètre à mercure à contacts électriques, l'autre, intérieur, à bain d'huile, est commandé par un régulateur électronique à thyratron ([3]), le laboratoire étant lui-même thermostaté à $\pm$ 0,5° C, on peut maintenir la température du fluide en expérience à $\pm$ 0,01° C.

([3]) R. AUMONT, *Rev. Gén. Électr.*, 59, (4), 1950, p. 175-178.

Les différentes pressions sont obtenues au moyen d'une bouteille de réserve dans laquelle le gaz est successivement liquéfié, puis réchauffé; cela permet au fluide en expérience de conserver la même composition pendant toute la durée des mesures. Le gaz carbonique employé provient d'une bouteille du commerce dont la pureté est de 99,5 %. Le protoxyde d'azote provenant également d'une bouteille ordinaire du commerce a été préalablement distillé avant d'être introduit dans la chambre à expérience. Dans la région très voisine de l'état critique, l'état d'agitation du fluide n'a pas permis d'effectuer des mesures optiques convenables.

Une discussion de ces résultats sera donnée prochainement.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Caractéristique spectrale des photocathodes antimoine-potassium et antimoine-sodium dans l'ultraviolet jusqu'à* 1500 Å. Note (*) de M. **Vladimir Schwetzoff** et Mme **Simone Robin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une précédente Note nous constations le désaccord entre les multiples publications sur les photocathodes antimoine-césium et nous exposions les résultats de nos propres mesures dans l'ultraviolet jusqu'à 1500 Å. Il est intéressant de rechercher dans les mêmes conditions les propriétés photoélectriques des alliages de l'antimoine avec les autres métaux alcalins, car il n'existe à notre connaissance aucune publication donnant la courbe de sensibilité spectrale dans l'ultraviolet et les seules que nous connaissions pour le visible ne concernent, outre le césium, que le rubidium (1), (2) et le lithium (3), (4).

D'ailleurs les quelques données publiées sur la position du maximum sont contradictoires puisque Görlich (5) le situe entre 4200 et 4600 Å pour le Sb-Rb, à 4000 Å pour Sb-K et entre 4000 et 4250 Å pour le Sb-Na, alors que Khlebnikov et Zaitzev (2) indiquent 5200 Å pour le Sb-Rb.

Sommer (6) se contente de confirmer la constatation, faite auparavant par Görlich que la sensibilité globale de Sb-Rb et Sb-K est plus faible que celle de Sb-Cs.

Mais il restait à voir dans quelle mesure cette diminution de sensibilité globale pour un filament de tungstène (porté à une certaine température de

(*) Séance du 23 juillet 1951.

(1) Görlich et Meyer, *Zeitsch. f. Astrophys.*, **16**, 1938, p. 343.

(2) Khlebnikov et Zaitzev, *Zhurn. techn. Fiziki*, **9**, 1939, p. 44.

(3) Görlich, *Journ. Opt. Soc. Amer*, **31**, 1941, p. 504.

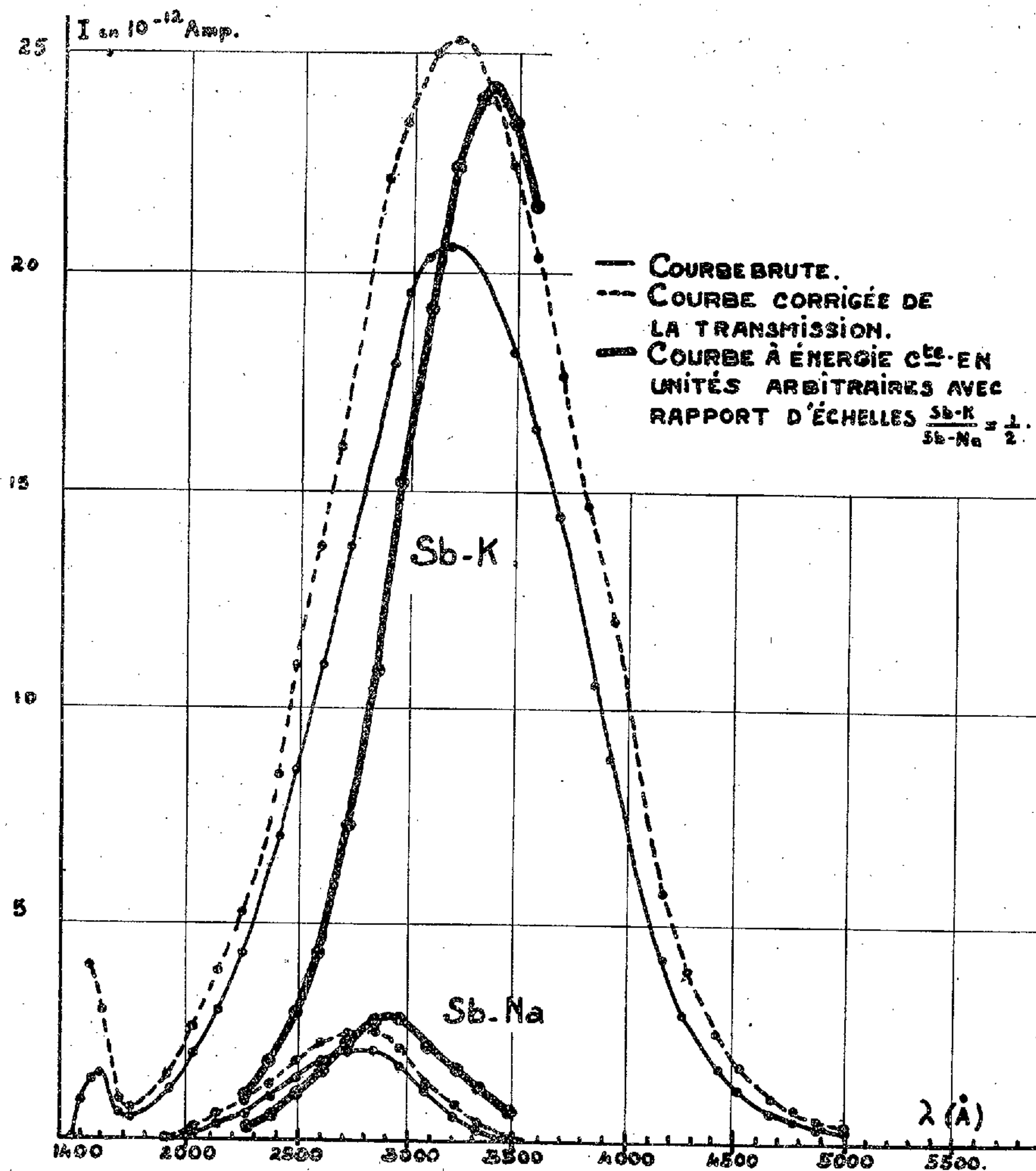
(4) Schaetti et Baumgartner, *Zeitsch. angew. Math. Phys.*, **1**, 1950, p. 268.

(5) *Zeitsch. techn. Phys.*, 18, 1937, p. 460.

(6) *Proceed. Phys. Soc.*, **55**, 1943, p. 145.

couleur) ne pouvait pas s'expliquer par la légère tendance au décalage du maximum vers l'ultraviolet constatée par Görlich, sans que pour autant l'ordonnée du maximum (à énergie constante) fût beaucoup moindre.

Nous avons donc formé au laboratoire, des photocathodes Sb-K et Sb-Na par le même procédé que précédemment celles de Sb-Cs (absence d'oxygène,



fenêtre souflée en quartz « homosil ») et nous avons relevé leurs caractéristiques spectrales dans les mêmes conditions que précédemment (monochromateur à vide; dispersion 17 Å:mm, fentes 0,6 mm; source : lampe à hydrogène à fenêtre de fluorine). Les courbes et les valeurs ainsi obtenues pour Sb-Cs, Sb-K et Sb-Na sont donc comparables entre elles sans autres hypothèses sur la répartition spectrale de la source.

La sensibilité globale pour un filament de tungstène porté à une température de couleur de 2550° K est de l'ordre de 2,3 μA : lumen pour le Sb-K et bien moindre encore pour le Sb-Na (alors qu'elle était de 12 μA : lumen pour

le Sb-Cs). Les courants d'obscurité sont inappréciables sur une résistance de $4,5.10^{11}\,\Omega$.

La figure reproduit les courbes spectrales brutes (relevées avec un électromètre A. O. I. P.), les courbes corrigées de l'absorption et de la réflexion de la fenêtre et du monochromateur et enfin les courbes à énergie constante (en unités arbitraires), obtenues en tenant compte de la répartition énergétique de la source dans l'intervalle 2200-3400 Å où elle est connue ([7]).

Plusieurs cellules furent sensibilisées dans des conditions semblables et si la dispersion fut notable pour les ordonnées, en revanche la longueur d'onde du maximum se reproduisit à quelques dizaines d'Ångströms près. Ainsi, la longueur d'onde du maximum peut être fixée vers 3400 Å pour le Sb-K, vers 3000 Å pour le Sb-Na et nous ne trouvons qu'un seul maximum dans le domaine spectral exploré avec une décroissance régulière de part et d'autre. Le seuil du Sb-K doit se trouver vers 5500 Å et celui du Sb-Na vers 4000 Å. Ici encore nous remarquons comme pour Sb-Cs l'absence inattendue de l'effet « normal » aux courtes longueurs d'onde.

En comparant entre elles la série de courbes spectrales, nous pouvons conclure non seulement qu'il existe bien un décalage progressif vers l'ultraviolet, mais encore que la sensibilité du maximum décroît (à énergie égale) quand on passe du Sb-Cs au Sb-K et au Sb-Na, contrairement à ce qui est admis pour les métaux alcalins « purs ».

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'application aux vapeurs mixtes de deux liquides non miscibles des lois de Raoult-Van't Hoff, relatives aux solutions diluées.* Note de MM. **Camille Tourneux**, **Claude Devin** et **Louis Rebéquet**, transmise par M. Pierre Jolibois.

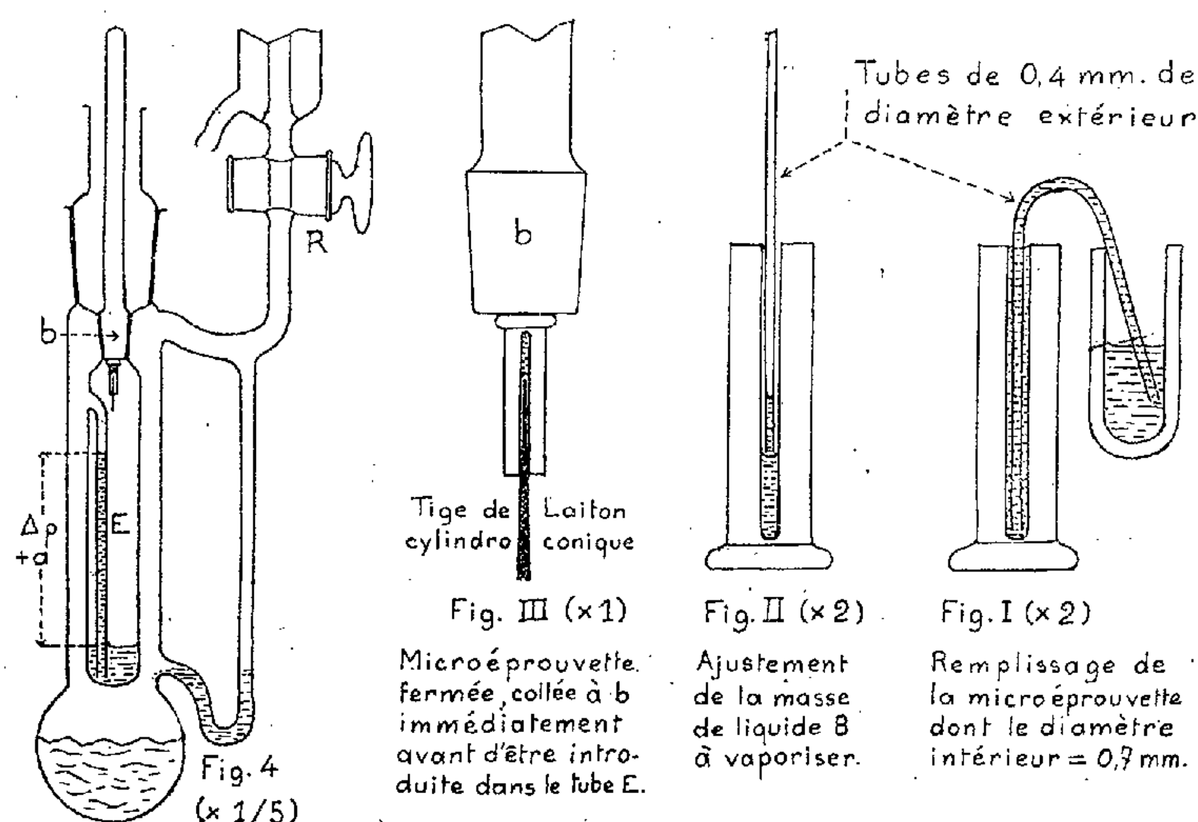
Le raisonnement classique qui a permis à Van't Hoff de retrouver en la complétant la loi cryoscopique empirique de Raoult, est applicable aux vapeurs mixtes de deux corps A, B, non miscibles à l'état liquide, qui, refroidies, déposent une rosée de A. Il conduit, lorsque la dilution de B devient infinie, à l'expression d'une loi hydroscopique, $\Delta t_r = K_r \times C_B/M_B$, avec $K_r = R \times T_r^2/L_v$, de forme identique à la loi cryoscopique, ainsi qu'on pouvait le pressentir, d'après la seule considération de l'étroite analogie des phénomènes.

L'abaissement du point de rosée de A est proportionnel à la concentration moléculaire de B dans la vapeur mixte. T_r et L_v sont respectivement la température absolue de rosée et la chaleur de vaporisation de A (à T_r^0), sous la pression atmosphérique.

([7]) G. Déjardin et M[lle] R. Schwegler, *Rev. d'Op.*, 13, 1934, p. 313.

Nous avons vérifié cette loi dans le cas particulier où le corps A est l'eau, en l'appliquant à la détermination approchée des masses moléculaires M_B de corps B connus, non miscibles avec l'eau à l'état liquide. Dans ce cas, $M_B = 5,12 \times C_B/\Delta t_r$, avec $C_B = 100 \times (m_B/m_e)$ (rapport des masses de B et d'eau dans la vapeur).

Les déterminations expérimentales de Δt_r et C_B sont très simples quand la vapeur eutectique émise par le système eau liquide + B liquide est très peu concentrée en B. Alors, $\Delta t_r = t_e - t_{az}$, différence des températures d'ébullition sous la pression atmosphérique, de l'eau pure et de l'hétéroazéotrope. Et les masses aisément mesurables des deux couches liquides du distillat, donnent $C_B = m_B/m_e$ dans la vapeur.



Nous avons obtenu avec trois corps B les résultats suivants :

Nitrobenzène $C_6H_5NO_2$:	$\Delta t_r = 0°,72$;	$C_B = 17,20$;	$M = 122,5$	au lieu de 123
Acétophénone C_8H_8O :	» 0°,75 ;	» 18,0	» 122,6	» 120
Tétraline $C_{10}H_{12}$:	» 0°,93 ;	» 24,75	» 135,7	» 132

Dans les cas où la vapeur eutectique est trop concentrée en B, nous avons déterminé les Δt_r pour de faibles valeurs de C_B par une microméthode dont voici le principe : Une petite masse m_B, déterminée par pesée, du corps B, est introduite dans une enceinte (tube intérieur d'un tonomètre de Menzies) contenant un peu d'eau liquide et Vcm^3 de vapeur d'eau à la température de rosée t_r sous la pression atmosphérique p. L'air en a été complètement éliminé par un courant de vapeur. La vaporisation totale de B dans cette enceinte à température constante produit une augmentation de pression Δp, que mesure l'ascension de l'eau dans le tube manométrique, diminuée de l'ascension capillaire. La vapeur mixte est donc à la température de rosée t_r sous la

pression $p + \Delta p$. Sous cette pression, la température de rosée de l'eau pure, donnée par les tables de pressions de vapeur, est $t'_r = t_r + \Delta t$; Δt est donc l'abaissement de la température de rosée de l'eau correspondant à la concentration $C_B = 100\ m_B/m_e$ de B dans la vapeur. La masse m_e de vapeur d'eau est donnée en milligrammes par la relation $me/18 = V/[22,4 \times (1 + \alpha t) \times 760/p]$. (On détermine t_r^0 à $1/100°$C près, et les tables de pressions de vapeur de l'eau, donnent la valeur correspondante de p. Pour $t_r = 100 \pm 1°$, $m_e = 0,00077 \times V \times p$, à ± 1 % près).

On a ainsi les éléments du calcul de $M_B = 5,12\ C_B/\Delta t$. Nous avons de préférence utilisé la relation équivalente $M_B = 5,12 \times (\Delta p/\Delta t) \times (C'_B/\Delta p)$. Pour $t_r = 100 \pm 1°$, $M_B = 139\ C_B/\Delta p$ à ± 2 % près.

Voici de brèves indications sur l'appareillage et le mode opératoire. Les dimensions du tonomètre limitent à $1,5/100$ de mol : mg environ la masse m_B, qui est par suite de l'ordre du milligramme et doit être déterminée avec une microbalance. Les trois opérations suivantes : introduction de B dans le tube E, d'où sort un courant de vapeur à une température voisine de 100°, fermeture de E, ouverture du robinet R pour donner une nouvelle issue à la vapeur, doivent être simultanées. On y parvient en enfermant le liquide B dans une microéprouvette dont la base rodée est fixée temporairement à celle du bouchon rodé du tube E, par une trace d'eau, ou mieux, de gomme arabique. Ainsi, il n'y a plus à faire que deux gestes simultanés. L'épaisseur des parois de la microéprouvette empêche l'échauffement et les pertes par vaporisation du liquide B, dans la vapeur sortant du tube E. La fermeture de la microéprouvette par une tige cylindro-conique dont l'extrémité est très près de la surface du liquide, annule à peu près complètement l'erreur sur Δp que causerait l'introduction d'air dans le tube E.

Voici le détail d'une opération faite avec le sulfure de carbone.

$$m_B = 1,03 \text{ mg}, \quad V = 45,6 \text{ cm}^3, \quad \Delta p = 99 \text{ mm (eau à } 99°) = 6,99 \text{ mm (Hg)};$$

$$t_r = 99°,00 \quad \text{d'où} \quad p = 733,16 \text{ mm}, \quad \frac{\Delta p}{\Delta t} = 26,48, \quad 5,12\frac{\Delta p}{\Delta t} = 135,6;$$

$$m_e = 26,42 \text{ mg}, \quad C_B = 3,90, \quad M = 135,6 \times \left(\frac{3,90}{6,99}\right) = 75,6 \text{ au lieu de } 76.$$

Nous avons trouvé en général des valeurs approchées à 2 % environ :

C_6H_6 80,1, C_7H_8 89,0, C_6H_{12} 82,0, Cl_4C 151,2, $C_4H_{10}O$ 73,

au lieu de

78 92 84 153,8 74.

D'autres méthodes de détermination approchée des masses moléculaires seront exposées ultérieurement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Séléniuration topochimique du chlorure cuivreux monocristallin et méthode d'analyse du séléniure cuivreux obtenu.* Note de M. **Roger Molé**, transmise par M. Louis Hackspill.

Les relations qui existent entre le soufre et le sélénium nous ont amené à préparer le séléniure cuivreux dans les mêmes conditions topochimiques que le sulfure cuivreux ([1]), c'est-à-dire par action de H_2Se gazeux sur des monocristaux de ClCu. Nous avons obtenu ainsi un séléniure $Cu_{2-x}Se$ de formule et de structure voisines de celles de $Cu_{2-x}S$.

La préparation du chlorure cuivreux est conduite comme il a été dit dans une précédente Note ([1]). Les cristaux de ClCu sont portés au four à la température que l'on s'est fixée au préalable et soumis à un courant d'hydrogène sélénié pendant 30 mn. L'hydrogène sélénié est obtenu par action de l'hydrogène sur le sélénium en présence de pierre ponce à 440° ([2]), température à laquelle le rendement est maximum. Pour que la réaction ait lieu en l'absence de toute phase liquide, l'hydrogène sélénié est privé d'eau par condensation à — 40°. Nous avons effectué trois séries d'expériences à 450°, 350° et 300°.

A 450° il y a fusion de ClCu et la réaction du $Cu_{2-x}Se$ ne se fait pas en place. A 300° la réaction est incomplète, les cristaux sont formés simultanément de ClCu et de $Cu_{2-x}Se$.

A 350° et pour une durée de 45 minutes la réaction topochimique est pratiquement complète; les cristaux, de couleur gris acier, restent morphologiquement intacts dans la nacelle. On distingue très nettement des faces triangulaires brillantes, d'autres moins brillantes en forme de dendrites sont recouvertes par un amas de petits cristaux (tétraèdres). Les cristaux ont pseudomorphosé ceux du chlorure cuivreux, dont le paramètre absolu $a_0 = 5{,}41$ Å ($CuK_\alpha\lambda = 1{,}539$ Å) ([3]).

Les rayons X mettent une seule phase en évidence, elle est cubique (ou pseudocubique) à faces centrées, avec un paramètre variant selon les expériences entre 5,76 et 5,84 Å ($CuK_\alpha\lambda = 1{,}541_8$ Å). Ce paramètre absolu présente ainsi de légères variations que divers auteurs ont signalées ([4]) pour des séléniures obtenus par union directe de Cu et de Se, ce qui exprime une certaine mobilité pour une phase donnée.

Analyse. — Nous avons mis au point une méthode d'analyse du séléniure cuivreux. On prend une quantité de séléniure cuivreux préparé à 350° et contenant un très faible pourcentage de ClCu et on la dissout dans 50 cm³ de

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2102.
([2]) *Abegg's, Handbuch der anorganische Chemie*, **4**, p. 712.
([3]) Barth et Lunde, *Norsk geol. Tidskrift*, **8**, 1925, p. 281-292.
([4]) Rahlfs, *Zeitsch. physik. Chem.*, Abt. B., **31**, 1936, p. 157.

NO_3H concentré. On évapore à sec, le résidu ainsi obtenu est complètement soluble. Un premier prélèvement permet de déterminer la quantité de chlorure cuivreux. La précipitation du chlorure, au moyen de nitrate d'argent, doit se faire en milieu nitrique pour éviter la formation de sélénite d'argent, également blanc et insoluble, mais stable à la lumière. La quantité de chlorure d'argent ainsi obtenue est minime (0,001 g de ClAg pour 0,210 g de séléniure de cuivre).

La méthode de Hillebrand ([5]), qui consiste à précipiter le sélénium rouge par SO_2 en présence de HCl 4N, ne convient pas; dans ces conditions, en effet, la précipitation du sélénium est à la fois difficile et incomplète. Pour effectuer correctement l'analyse, il vaut mieux, comme dans le cas du soufre, transformer le sélénium en séléniate ([6]) et effectuer ainsi l'électrolyse du cuivre en premier; ensuite on précipite le sélénium par réduction. De cette façon le sélénium sous forme de séléniate stable ne se combinera plus avec le cuivre déposé sur la cathode et inversement le cuivre entièrement éliminé par électrolyse ne risque plus de précipiter avec le sélénium rouge par simple réduction.

Pour cela on prend une quantité de séléniure, on la dissout dans NO_3H, on l'évapore à sec et on la porte à 250 cm³, comme précédemment. Une prise de 50 cm³ est évaporée à sec, reprise par 20 cm³ NO_3H N/10; traitée par 25 cm³ de MnO_4K 5 % et portée à l'ébullition pendant 5 mn, on ajoute alors de l'eau oxygénée à 5 % jusqu'à décoloration de la solution et l'on continue l'ébullition pendant 5 mn. On laisse refroidir, on ajoute quelques gouttes HCl N/10, on complète la solution à 200 cm³ et l'électrolyse à 2 V : 0,4A pendant 6 h. On arrive ainsi à recueillir *tout le cuivre* avec une précision supérieure à 1 ‰. La solution restante est évaporée au bain de sable jusqu'à 20 cm³, on ajoute alors, toujours au bain de sable, 30 cm³ HCl concentré et quelques instants après une solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 30 % saturée de SO_2. Le sélénium rouge précipite immédiatement; on laisse reposer quelques instants, filtre et lave successivement avec une solution de HCl N/20, de l'eau, de l'alcool, de l'éther et l'on sèche d'abord à 60° et ensuite à 130°, jusqu'à constance de poids. La méthode d'analyse ainsi établie est sûre et aisément reproductible, avec une précision de 1 % sur l'ensemble.

La composition du séléniure n'est pas stœchiométrique; selon les préparations elle est située entre les limites rapprochées Cu_8Se_5 et $Cu_{8,3}Se_5$. Nous notons un net déficit de cuivre par rapport à la formule Cu_2Se. La densité théorique calculée à partir de la formule Cu_8Se_5 est de 6,30 pour $4Cu_{1,6}Se$ par maille période; la densité mesurée est 6,31. Cette phase Cu_8Se_5 est donc d'un type bien défini.

Le même échantillon soumis à un chauffage à 650° sous vide pendant

---

([5]) HILLEBRAND et LUNDELL, *Applied inorganic analysis*, 1929, p. 258.
([6]) NORWITZ, *Analytica chimica Acta*, 5, 1951, p. 109.

9 h donne une composition très voisine de $Cu_{0,6}Se_5$, mais diffère en outre de la phase de 350° par une densité plus faible ($d = 6{,}05$) et par l'apparition d'une période multiple qui fera l'objet d'une étude ultérieure.

La phase cubique ou pseudocubique, type Cu_8Se_5, dont la préparation et l'analyse ont été décrites ci-dessus, offre un *exemple de réaction topochimique sur une phase cristallisée*, réaction favorisée par les analogies paramétriques entre ClCu et Cu_8Se_5.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention et propriétés de quelques composés cyclohexaniques possédant une fonction éther.* Note (*) de M. **Max Mousseron** et Mlle **Magdeleine Canet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Divers alcoxy-2 cyclohexanols *cis* ont été préparés par hydrogénation des alcoxycétones; l'hydrogénation de la phénoxy-2 cyclohexanone a provoqué la rupture de la fonction éther avec formation presque exclusive de cyclohexanediol-1.2 *cis*. La déshydratation sulfurique des méthoxy-2 cyclohexanols stéréoisomères a été envisagée, ainsi que la pyrolyse des acétates des esters des acides cyclohexanol-2 carboxyliques et le chauffage d'hydroxydes d'ammoniums quaternaires *cis* et *trans*.

Le méthoxy-2 cyclohexanol *cis* ($C_7H_{14}O_2$) a été obtenu par hydrogénation en milieu alcoolique et en présence de Pt Adams (la réaction n'est pas réalisable au nickel Raney) de la méthoxy-2 cyclohexanone ([1]) : $É_{20}$ 80°; d_{25}^{25} 1,012; n_D^{25} 1,4605; dinitro-3.5 benzoate F 72-73° (F 92-93° pour le *trans*). Ce résultat est comparable à celui déjà signalé dans l'hydrogénation de la N-diméthylamino-2 cyclohexanone qui conduit à l'aminoalcool *cis* ([2]). On a pu également isoler l'éthoxy-2 cyclohexanol *cis* $É_{20}$ 93°; d_{25}^{25} 0,980; n_D^{25} 1,4557; dinitro-3.5 benzoate F 75-76° (F 80-81° pour le *trans*). Le cyclohexyloxy-2 cyclohexanol *cis* provenant de la cyclohexyloxy-2 cyclohexanone possède un dinitrobenzoate F 72°, alors que celui de l'alcool *trans*, obtenu par action du cyclohexanol sur l'époxycyclohexane en milieu sulfurique, est fusible à 83-84°.

L'hydrogénation de la phénoxy-2 cyclohexanone F 65° ([3]) a été tentée dans les mêmes conditions; la fixation d'hydrogène correspond approximativement à $5 H_2$ et non à $1 H_2$ pour la seule fonction carbonylée; après distillation, on sépare du cyclohexanediol-1.2 (70 %) formé de 95 % de *cis* et de 5 % de *trans* ([4]). Le cyclohexane n'a pu être mis en évidence. Dans des conditions semblables, le phénoxy-2 cyclohexanol *trans* ne fixe pas d'hydrogène. La

(*) Séance du 6 août 1951.

([1]) Bergmann et Gierth, *Ann. Chem.*, **448**, 1926, p. 64.

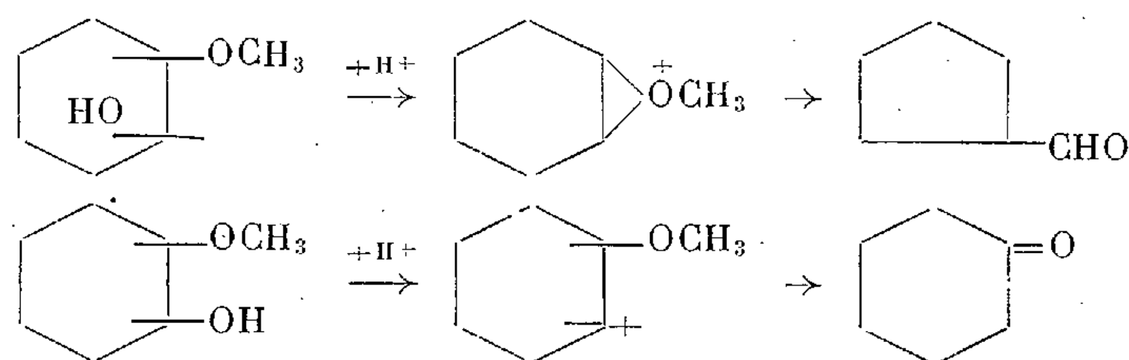
([2]) Mousseron, Jullien et Mlle Canet, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 479.

([3]) Ebel, *Helv. Chim. Acta*, **12**, 1929, p. 3; Jacquier, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **17**, 1950, p. 900.

([4]) Winstein et Buckles, *J. Am. Chem. Soc.*, **64**, 1942, p. 2785.

réduction à l'isopropylate d'aluminium de la phénoxy-2 cyclohexanone conduit uniquement au phénoxy-2 cyclohexanol *trans* F 84°. La rupture du pont éther rappelle celle de l'anisole ([5]); il est intéressant de souligner que, dans notre cas, la polarisation du carbonyle pourrait établir une liaison hydrogène avec le noyau aromatique déclenchant la formation d'une structure quinoïde favorable à l'hydrogénation du cycle benzénique avec rupture.

Déshydratation sulfurique des méthoxy-2 cyclohexanols cis *et* trans. — Par action de l'acide sulfurique concentré à chaud sur les alcools stéréoisomères, on isole des fractions carbonylées. Le méthoxy-2 cyclohexanol *trans* donne le méthylalcyclopentane, tandis que l'alcool *cis* conduit à la cyclohexanone. On peut admettre un mécanisme analogue à celui déjà proposé ([6]), avec protection par le groupe méthoxyle voisin dans le cas du dérivé *trans*. Avec le dérivé *cis*, on assiste à une *trans*-élimination



Signalons le comportement différent des deux alcools stéréoisomères vis-à-vis de PBr_5, le *trans* conduisant avec un mauvais rendement au méthoxy-2 bromo-1 cyclohexane *trans*, tandis que le *cis* fournit un dérivé qui se décompose au cours de la distillation (il en est de même pour le N-diméthylamino-2 cyclohexanol *cis*).

La pyrolyse vers 550° de l'ester acétique du méthoxy-2 cyclohexanol *trans* $É_{15}$ 92° conduit à la cyclohexanone, rappelant les résultats obtenus par Alexander et Mudrak ([7]) dans la pyrolyse d'acétates ou de xanthogénates, avec intervention de pont d'hydrogène. Parallèlement, nous avons examiné la pyrolyse des acétates des esters méthyliques des acides cyclohexanols-2 carboxyliques *cis* et *trans*; les stéréoisomères conduisent tous deux au carbométhoxy-1 cyclohexène (*p*-toluide F 121-122°); ces résultats ne s'accordent pas avec les précédents, mais l'ester de l'acide cyclohexène-2 carboxylique qui aurait pu se former dans la pyrolyse du *cis* a dû subir une transposition par chauffage.

Décomposition d'hydroxydes d'ammoniums quaternaires. — Nous avons également soumis l'iodure de N-triméthyl-1 hydroxy-2 cyclohexylammonium *trans* F 214° à l'action prolongée de l'hydroxyde d'argent en milieu aqueux; le

([5]) WASER, SOMMER, LANDWEER et GAZA, *Helv. Chim. Acta*, **12**, 1929, p. 418.

([6]) MOUSSERON et Mlle CANET, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 637.

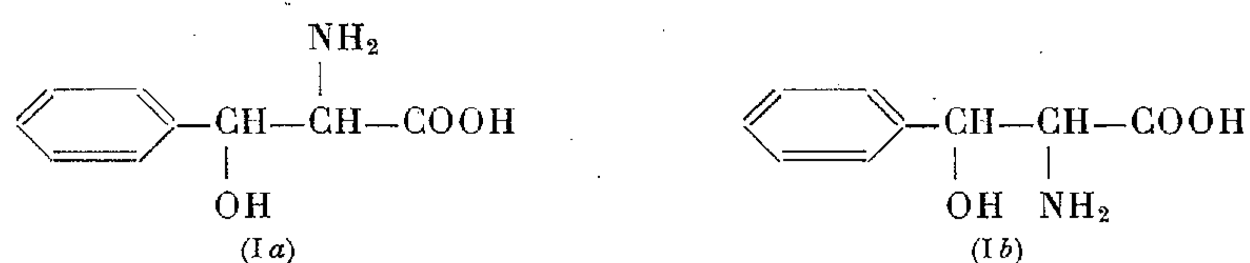
([7]) *J. Am. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 1810.

cyclohexanediol-1.2 *trans* a été uniquement trouvé ([8]). Avec l'iodométhylate F 237° obtenu à partir du N-diméthylamino-2 cyclohexane *cis* ([2]), on isole parallèlement le même cyclohexanediol-1.2 *trans*, selon un mécanisme S_{N_2} sans passer par une forme pontale de protection comme pour le *trans*.

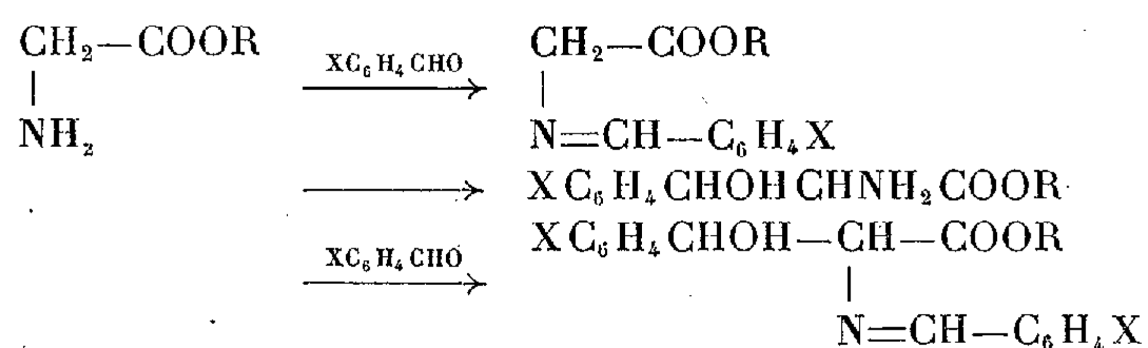
CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de la structure stérique de certaines β-arylsérines.* Note de Mme **Marianne Kopp**, Mlle **Henriette Larramona**, et M. **Zoltan Welvart**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les β-arylsérinates d'alcoyle obtenus par condensation en solution alcoolique neutre des esters du glycocolle avec les benzaldéhydes substitués possèdent la structure *érythro*.

Les phénylsérines et leurs dérivés peuvent exister sous deux formes diastéréoisomères; dans le cas de la β-phénylsérine, celles-ci sont connues : la forme *thréo* (I *a*) a été obtenue par condensation de l'aldéhyde benzoïque avec le glycocolle ([1]) et la forme *érythro* (I *b*) par réduction catalytique de l'α-oximino benzoylacétate d'éthyle en milieu acétique ([2]).



Ces deux méthodes, cependant, ne permettent pas d'obtenir certaines β-phénylsérines substituées dans le noyau; par contre, de nombreuses β-arylsérines ont pu être préparées par condensation des esters du glycocolle avec des benzaldéhydes substitués, soit en présence d'éther et de sodium métallique ([3]), soit en présence d'alcool en milieu neutre ([4]). Cette dernière méthode donne, en général, de meilleurs rendements.



La configuration stérique des dérivés obtenus par ces deux dernières

([8]) Wilson et Read, *J. Chem. Soc.*, 1935, p. 1273.

([1]) Erlenmeyer et Frùstück, *Ann.*, **284**, 1895, p. 36.

([2]) Elphimoff-Felkin et Felkin, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 241.

([3]) Rosenmund et Dornsaft, *Ber.*, 52, 1919, p. 1734.

([4]) Bergmann, Genas et Bendas, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 361.

méthodes n'a pas encore été définie avec certitude. *A priori*, nous supposions que ces condensations conduiraient à la forme *thréo*; en effet, les composés appartenant à des séries analogues [éphédrine ([5]), thréonine ([6]), chloromycétine ([7])] acquièrent préférentiellement la forme *thréo* chaque fois qu'il y a possibilité d'épimérisation.

Pour déterminer rigoureusement la configuration stérique des esters obtenus par condensation en milieu alcoolique neutre, nous les avons comparés aux dérivés correspondants préparés à partir des *thréo* (I*a*) et *érythro* (I*b*) β-phénylsérines authentiques.

Nos résultats montrent que, dans ces conditions ([8]), la condensation de glycocollates d'alcoyle avec des benzaldéhydes substitués conduit toujours aux composés *érythro* ([9]) et non pas aux dérivés *thréo* attendus.

Partie expérimentale. — 1. *Dérivés de la* thréo *β-phénylsérine* ([1]). — Le *O, N-diacétyl* thréo *β-phénylsérinate de méthyle* $C_{14}H_{17}O_5N$, F 147°,5-148°,5, est obtenu par action de l'anhydride acétique, en présence de pyridine, sur le chlorhydrate de l'ester de cet amino-acide. Le O, N diacétyl *thréo* β-(*p*-nitrophényl) sérinate d'éthyle ([10]) est obtenu par nitration du O, N-diacétyl *thréo* β-phénylsérinate d'éthyle.

2. *Dérivés de l'*érythro *β-phénylsérine* ([2]). — Le *O, N-diacétyl* érythro β-(p-*nitrophényl*) *sérinate d'éthyle*, $C_{15}H_{18}O_7N_2$, F 138°, est obtenu par la même technique que le dérivé *thréo* correspondant.

3. *Produits obtenus par condensation en milieu alcoolique neutre* ([4]). — Nous avons libéré l'ester du glycocolle de son chlorhydrate dans le milieu réactionnel par action de la quantité théorique de méthylate de sodium. La condensation s'effectue à froid pour l'aldéhyde p-nitrobenzoïque et à chaud pour l'aldéhyde benzoïque. L'érythro β-(p-*nitrophényl*) *sérinate d'éthyle*, F 112°-113°, $C_{11}H_{14}O_5N_2$, est libéré de son chlorhydrate par une solution de carbonate de sodium à froid; le *O, N-diacétyl* érythro β-(p-*nitrophényl*) *sérinate*

([5]) Fourneau, *Traité de Chimie Organique de Grignard*, Masson, Paris, 12, 1941, p. 436.

([6]) Elliott, *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 589; 1950, p. 62.

([7]) Moersch et Moore, Br. U.S.A. 2513346 (*Chem. Abstr.*, 45, 1951, p. 179).

([8]) Quant à la condensation des mêmes composés en présence de sodium, il est vraisemblable qu'elle conduit également aux dérivés *érythro*. D'ailleurs, Mlle Billet (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1358) qui s'est basée sur l'étude de l'activité bactériostatique de la β-(*p*-nitrophényl) sérine obtenue par cette méthode, suppose que ce composé possède la structure *érythro*.

([9]) Bergmann et ses collaborateurs ([4]) ont déjà émis l'hypothèse que tous les β-phénylsérinates d'alcoyle obtenus par cette méthode ont la même structure stérique, sans toutefois préciser la nature de cette structure.

([10]) Feitelson, Gunner, Moualim, Petrow, Stephenson et Underhill, *J. Pharm. Pharmacol.*, 3, 1951, p. 149.

d'éthyle, $C_{15}H_{18}O_7N_2$, F 138°, est préparé par action sur ce chlorhydrate de l'anhydride acétique en présence de pyridine à froid. (L'acétylation en présence d'acétate de sodium à chaud conduit à un produit, F 181°, non encore identifié.) Le O, N-diacétyl *érythro* β-phénylsérinate d'éthyle ([2]) et le *O, N-diacétyl* érythro *β-phénylsérinate de méthyle*, $C_{14}H_{17}O_5N$, F 175°-176°, sont préparés comme précédemment à partir des chlorhydrates correspondants.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur la toxicité des paraquinones*. Note de MM. **Fernand Caujolle**, **Paul Couturier** et **Georges Roux**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'étude de la toxicité comparée des paraquinones n'a fait l'objet de travaux étendus que dans le seul domaine de la vitamine K. Il nous a paru intéressant de définir, suivant les mêmes méthodes, la toxicité de quelques paraquinones simples, en vue d'établir une documentation de référence portant à la fois sur les séries benzénique et naphtalénique.

Sur le Chien chloralosé, nous avons déterminé les doses mortelles, suivant la technique de Tiffeneau, par perfusions intraveineuses lentes, poursuivies pendant 60 (± 20) minutes jusqu'à la mort de l'animal. Les paraquinones ont été dissoutes dans l'huile d'olive neutralisée. Le moment précis de la mort sera défini par l'arrêt des mouvements du cœur, enregistrés graphiquement.

Paraquinones.	Nombre de chiens utilisés	Vitesse moyenne d'administration par minute en γ par kg.	Dose léthale moyenne en g/kg.	Écart maximum en g/kg.
$Benzoquinone_{1.4}$	7	750	0,045	+0,012
$Méthyl_2$ $benzoquinone_{1.4}$	4	700	0,042	+0,008
$Isopropyl_2$ $benzoquinone_{1.4}$	5	1316	0,079	—0,015
$Méthyl_2$ $isopropyl_5$ $benzoquinone_{1.4}$	8	1433	0,086	—0,046
$Naphtoquinone_{1.4}$	6	466	0,028	—0,007
$Méthyl_2$ $naphtoquinone_{1.4}$	6	766	0,046	—0,020

Les symptômes de l'intoxication aiguë chez le Chien offrent une grande homogénéité. Dès la première minute de perfusion, on observe une chute de la pression sanguine, brutale, mais transitoire (3 mn environ), régulièrement suivie d'une remontée avec stabilisation en palier à un niveau légèrement inférieur à celui de la pression initiale; aux doses subléthales, une phase hypertensive survient précédant de 3 mn environ l'effondrement terminal. Le rythme respiratoire est perturbé : à la chute tensionnelle initiale correspondent : dans 40 % des cas une apnée transitoire (1 mn), dans 60 % des cas une diminution de l'amplitude avec accélération du

rythme; en fin de perfusion, l'arrêt brusque des mouvements respiratoires précède de 2 à 4 mn l'arrêt du cœur. Dans 60 % des cas, on observe un syndrome terminal d'œdème aigu du poumon. A l'autopsie les poumons, semés de foyers hémorragiques, sont très fortement congestionnés, le sang est fluide et noir.

Sur la Souris et le Cobaye ont été déterminées la plus grande quantité de quinone jamais mortelle (GQ JM) et la plus petite quantité toujours mortelle (PQ TM), les observations ayant été poursuivies 24 h après l'administration intrapéritonéale des paraquinones étudiées (50 animaux en moyenne par détermination).

	Souris		Cobaye	
Paraquinones.	(GQ JM) (g/kg).	(PQ TM) (g/kg).	(GQ JM) (g/kg).	(PQ TM) (g/kg).
$Benzoquinone_{1.4}$	0,020	0,040	0,010	0,025
$Méthyl_2$ $benzoquinone_{1.4}$	0,010	0,040	0,010	0,050
$Isopropyl_2$ $benzoquinone_{1.4}$	0,250	0,400	0,600	1,000
$Méthyl_2$ $isopropyl_5$ $benzoquinone_{1.4}$	0,040	0,090	0,050	0,110
$Naphtoquinone_{1.4}$	0,0025	0,010	0,005	0,025
$Méthyl_2$ $naphtoquinone_{1.4}$	0,050	0,090	0,050	0,090

Ces résultats soulignent l'agressivité marquée de la naphtoquinone et témoignent, par ailleurs, que l'isopropylation, dans les deux cas particuliers étudiés, a le pouvoir de diminuer nettement la toxicité de la benzoquinone et de la toluquinone.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur les composés aminés non saturés. IV. Relations entre la structure et les propriétés pharmacologiques de sels d'ammonium quaternaires acétyléniques.* Note (*) de MM. **Israël Marszak**, **Jean-Pierre Guermont**, **Roland Epsztein** et **Joseph Jacob**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Poursuivant nos recherches sur le comportement pharmacologique des sels d'ammonium quaternaires non saturés ([1]) nous avons été conduits à synthétiser et à étudier une série de produits de formule générale $R—C \equiv C—CH_2N(CH_3)_3I$ (où $R = H$ ou alcoyl) et à les comparer à des alcools qui en dérivent.

L'iodure de triméthylammonium-1 propyne-2 (I) est déjà signalé dans la littérature ([2]). Les iodures de triméthylammonium-1 butyne-2 (II), $F = 163°$ et pentyne-2 (III), $F = 177°$, ont été préparés par iodométhylation, respectivement, des diméthylamino-1 butyne-2 et pentyne-2, eux-mêmes obtenus par

(*) Séance du 6 août 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 80, 186 et 1378.

([2]) Bovet et Bovet-Nitti, *Médicaments du système nerveux végétatif*, édit. Karger, Bâle, 1948, p. 396.

action de l'iodure de méthyle ou d'éthyle sur le dérivé sodé du diméthylamino-1 propyne-2 préparé dans l'ammoniac liquide en présence d'amidure de sodium, suivant une technique employée récemment par Parcell et Pollard [3] dans des cas analogues. La méthode que nous avions utilisée [4] pour la synthèse de l'iodure de triméthylammonium-1 heptyne-2 (V) nous a permis de préparer les iodures de triméthylammonium-1 hexyne-2 (IV), F = 147°, octyne-2 (VI), F = 111°, -méthyl-4 pentyne 2 (VII), F 190°, -diméthyl-4,4 pentyne-2 (VIII), F = 183°, -méthyl-4 pentène-4 yne-2 (IX), F = 231-232°. L'iodure du diméthyl dipropargylammonium (X), F = 134-135°, a été obtenu par action de l'iodure de propargyle sur le diméthylamino-1 propyne-2. L'iodure de triméthylammonium-1 méthyl-4 pentyne-2 ol-4 (XIV), F = 124° a été préparé suivant la méthode générale de synthèse des composés analogues [1]. Les résultats des expériences pharmacologiques sont résumés dans le tableau ci-dessous.

		Activités (*a*).	
		Muscarinique (*b*).	Nicotinique (*c*).
I.	$H—C \equiv C—CH_2N(CH_3)_3I$	0,005	0,05–0,1
II.	$CH_3—C \equiv C—CH_2N(CH_3)_3I$	1	0,5–0,1
III.	$CH_3CH_2—C \equiv C—CH_2N(CH_3)_3I$	2–10	1–2
IV.	$CH_3(CH_2)_2—C \equiv C—CH_2N(CH_3)_3I$	0,5–1	2
V.	$CH_3(CH_2)_3—C \equiv C—CH_2N(CH_3)_3I$	0,2–0,5	0,5–1
VI.	$CH_3(CH_2)_4—C \equiv C—CH_2N(CH_3)_3I$	0,1–0,2	P (*d*)
VII.	$(CH_3)_2CH—C \equiv C—CH_2N(CH_3)_3I$	0,2–0,3	–
VIII.	$(CH_3)_3C—C \equiv C—CH_2N(CH_3)_3I$	0	–
IX.	$CH_2=C(CH_3)—C \equiv C—CH_2N(CH_3)_3I$	1	–
X.	$(HC \equiv C—CH_2)_2N(CH_3)_2I$	<0,005	<0,05
XI.	$HOCH_2—C \equiv C—CH_2N(CH_3)_3I$ [1]	0,5	–
XII.	$HOCH_2CH_2—C \equiv C—CH_2N(CH_3)_3I$ [1]	$\leqq 1$	–
XIII.	$HOCH(CH_3)—C \equiv C—CH_2N(CH_3)_3I$ [1]	0,5–2	–
XIV.	$HOC(CH_3)_2—C \equiv C—CH_2N(CH_3)_3I$	0	–
XV.	$CH_3CH_2—CH_2CH_2—CH_2N(CH_3)_3I$	0,1–0,2	–

(*a*). Les activités sont exprimées par rapport à l'acétylcholine (= 1).
(*b*). Arrêt cardiaque chez le chien.
(*c*). Nicotinique excitante (hypertension chez le chien atropinisé).
(*d*). Ce dérivé est doué d'activité nicotinique non pas excitante, mais paralysante.

Dans ce qui suit, nous n'envisageons que les variations des activités parasympathomimétiques, car l'influence de la fonction acétylénique sur les activités nicotiniques est relativement peu importante.

Dans la série homologue $R—C \equiv CCH_2N^+(CH_3)_3$ le composé



(III) $$CH_3CH_2C \equiv CCH_2—N^+(CH_3)_3$$

possède le maximum d'activité. Malgré la présence d'une triple liaison, cette

[3] *J. Amer. Chem. Soc.*, 12, 1950, p. 312 et 2385.
[4] I. Marszak et A. Marszak-Fleury, *Bull.*, 1950, p. 1305.

série se comporte donc conformément à une règle générale, récemment énoncée par Ing ([5]), suivant laquelle c'est une chaîne de cinq atomes fixée sur la tête cationique $N^+(CH_3)_3$ qui permettrait la meilleure adaptation des dérivés de la choline aux récepteurs cellulaires. La triple liaison, en outre, renforce les propriétés de la molécule puisque le dérivé saturé XV correspondant à III est vingt fois moins actif que lui.

Si dans le composé acétylénique III on substitue un atome d'hydrogène du groupement méthylénique situé en position 4 par rapport à l'azote, par un reste CH_3 (VII), l'activité diminue. Elle est abolie lorsque les deux atomes d'hydrogène sont remplacés par des groupements méthyle (VIII). Mais si ces deux atomes d'hydrogène sont remplacés par un groupement méthylène, le composé vinylacétylénique auquel on aboutit (IX) reste encore fortement actif.

L'importance de l'atome de carbone 4 nous paraît ressortir du fait que le premier terme qui le contient $\overset{4}{C}H_3\overset{3}{C}\equiv\overset{2}{C}.\overset{1}{C}H_2N^+(CH_3)_3$ (II), est 200 fois plus actif que son homologue inférieur $HC\equiv C.CH_2N^+(CH_3)_3$ (I). Cette différence d'activité rappelle dans une certaine mesure celle qui a été signalée entre l'acétylcholine $CH_3COOCH_2CH_2N^+(CH_3)_3$ et l'acétylformocholine $CH_3COOCH_2N^+(CH_3)_3$ et l'on est enclin à attribuer au carbone 4 de notre série de composé acétyléniques un rôle analogue à celui joué par le carbone 2 dans l'acétylcholine : on peut se demander s'il n'y a pas un certain parallélisme entre les influences des groupements $—C\equiv C—$ et $—COO—$ liés respectivement à ces deux carbones. Quoi qu'il en soit, l'activité parasympathomimétique de l'iodure de triméthylammonium-1 pentyne-2 montre une fois de plus l'intérêt qui s'attache aux dérivés acétyléniques. Ce corps est plus actif encore que le plus efficace des alcools que nous avions étudiés précédemment (XIII); la présence d'une fonction oxygénée n'est donc pas nécessairement favorable au développement des propriétés parasympathomimétiques, fait qui ressort encore de la comparaison entre les alcools (XI), (XII) et (XIV) et les composés dont ils dérivent (II), (III) et (VII).

BACTÉRIOLOGIE. — *Action de la cocarboxylase sur l'activité antibiotique de la pénicilline, de la streptomycine et de l'auréomycine, à l'égard du staphylocoque.* Note (*) de M. **Michel Faguet**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'addition de cocarboxylase à une culture de staphylocoque Twort ne modifie pas cette culture témoin; mais elle diminue fortement l'action antibiotique de la streptomycine, augmente celle de l'auréomycine et semble sans effet sur celle de la pénicilline.

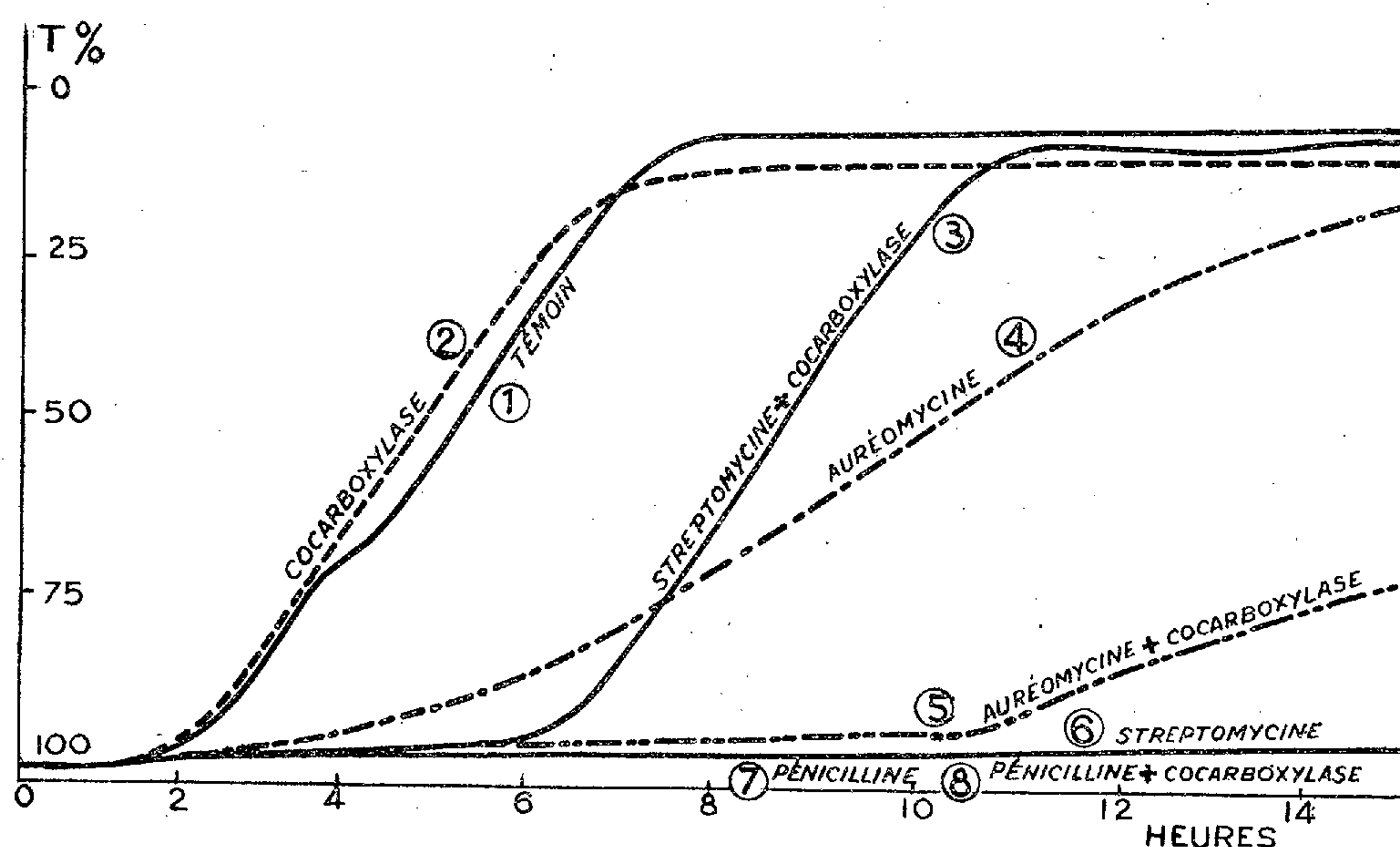
([5]) H. R. Ing, *Sciences*, 109, 1949, p. 264.

(*) Séance du 6 août 1951.

Nous donnons dans cette Note nos résultats concernant l'action de la cocarboxylase sur l'activité de certains antibiotiques : pénicilline, streptomycine, auréomycine, à l'égard du staphylocoque Twort.

D'après les travaux récents ([1]) il semble que la pénicilline agisse comme un effecteur enzymatique inhibant le cycle métabolique des ribonucléotides en agissant au niveau de la coupure entre ribose et base ([2]), et tout particulièrement sur la guanosine, ce qui crée de sérieuses perturbations dans le métabolisme des bactéries sensibles.

Pour la streptomycine et l'auréomycine qui agissent sur un plus grand nombre d'espèces bactériennes que la pénicilline, il ne semble pas que le point



Courbes de croissance des différentes cultures enregistrées au microbiophotomètre.

d'action soit le même, mais les recherches récentes n'apportent aucune précision.

Nous avons étudié l'action de la cocarboxylase (éther pyrophosphorique d'aneurine) sur l'activité antibiotique de la streptomycine, de la pénicilline et de l'auréomycine, sur le staphylocoque Twort. Nous avons utilisé, pour cette étude, notre microbiophotomètre qui enregistre automatiquement les courbes de croissance de six cultures faites simultanément.

Streptomycine. — Nous avons réalisé des cultures de staphylocoque sur

---

([1]) M. Macheboeuf et Gros, *Exp. an. de Biochimie Méd.*, **12**, 1951, p. 153.

([2]) K. M. Pandalai et M. George, *Brit. Med. J.*; M. Faguet, *Ann. Inst. Past.*, **74**, 1948, p. 75.

lesquelles nous avons fait agir la streptomycine, soit seule, soit additionnée de cocarboxylase. Nous avons fait un grand nombre d'expériences dans lesquelles nous faisions varier les doses de streptomycine ou de cocarboxylase. Une concentration dans le milieu de culture de 2,5 mg : cm^3 de cocarboxylase neutralise en 4 h l'action antibiotique de 3,5 γ : cm^3 de streptomycine. Dans une expérience témoin, nous avons montré que l'addition de cocarboxylase seule à notre milieu de culture n'exerce pas d'action défavorable sur la culture de staphylocoque Twort.

Pénicilline. — Au cours des séries d'essais pratiqués avec la pénicilline, nous n'avons constaté aucune action de la cocarboxylase sur l'activité antibiotique de la pénicilline à des doses variant de 0,008 U. Oxford : cm^3 à 0,4 U. Oxford : cm^3.

Auréomycine. — A la dose de 0,5 γ : cm^3, l'auréomycine ralentit fortement, sans toutefois l'arrêter, la croissance du staphylocoque Twort. L'addition à l'origine de la culture, de cocarboxylase à la culture contenant l'auréomycine, accroît son activité antibiotique.

Conclusions. — 1° L'addition de cocarboxylase (2,5 mg : cm^3) à une culture de staphylocoque Twort n'agit, ni sur la phase de latence, ni sur le taux de croissance de la culture.

2° L'addition de cocarboxylase (2,5 mg : cm^3) à une culture de staphylocoque Twort contenant de la streptomycine, diminue considérablement son activité antibiotique.

3° La cocarboxylase ne semble pas exercer d'action sur l'activité de la pénicilline.

4° La cocarboxylase à la dose de 2,5 mg : cm^3, *renforce* l'activité antibiotique de l'auréomycine.

La séance est levée à 15 h 30 mn. L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1951.

Lights in Nassau Hall A. Book of the bicentennial Princeton 1746-1946, by Charles G. Osgood. Princeton, University Press, 1951; 1 vol. 22,5 cm.

The orgone energy accumulator its scientific and medical Use., published by *The Wilhelm reich foundation.* Orgonon, Maine, Orgone Institute Press, s. d.; 1 fasc. 23 cm.

Substances naturelles de synthèse, par J. Mathieu, A. Petit, P. Poirier, Léon Velluz. Préface de Ch. Dufraisse. Vol. I et II. Paris, Masson et Cie, 1951; 2 vol. 22,5 cm.

Flore de Madagascar et des Comores. Plantes vasculaires. 153e famille. *Mélastomatacées,* par Henri Perrier de La Bâthie. Paris, Typographie Firmin-Didot, 1951; 1 vol. 25 cm (présenté par M. A. Chevalier).

Engrais, Amendements, Produits pour la protection des cultures. Étude et analyse, par Désiré Leroux. Paris, Gauthier-Villars, 1951; 1 vol. 27 cm.

Atlas für angewandte Steinkohlen-Petrographie. Essen, Verlag Glückauf, 1951; 1 vol. 30 cm.

Documentation mathématique. Textes publiés sous la direction de Paul Belgodère. Fasc. 1. *Indications pour la dactylographie des textes mathématiques,* par Paul Belgodère. Fasc. 2. *Choix d'ouvrages mathématiques,* par Paul Belgodère. Fasc. 4. *Conférences de documentation mathématique,* par Paul Belgodère. Fasc. 6. *Table cumulative des matières de l'Intermédiaire des mathématiciens.* T. XXI à XXXI (final), années 1914 à 1925, dressée par Paul Belgodère et André Gérardin. Fasc. 7. *Classification par matières du Mathematical Reviews,* recueillie par Paul Belgodère. Fasc. 9. *Adresses d'organismes mathématiques et scientifiques extraites de The World of Learning,* sous la direction de Paul Belgodère. Fasc. 14. *Périodiques scientifiques figurant dans les Bibliothèques de laboratoires de l'École normale supérieure* (*mathématiques, physique, chimie, zoologie, botanique, géologie*). Liste provisoire des titres dressée par Paul Belgodère et Mme Siestrunck. Paris, Sermath, 1946 à 1951; 7 fasc. 27 cm.

Encyclopédie biologique. XLI. *Traité de lichenologie,* par Henry Des Abbayes. Paris, Paul Lechevalier, 1951; 1 vol. 25,5 cm.

Bibliothèque scientifique. Les théories de l'évolution. Origines et histoire du transformisme et des idées qui s'y rattachent, par Paul Ostoya. Préface de M. R. Heim. Paris, Payot, 1951; 1 vol. 22,5 cm.

Union internationale des sciences biologiques. Série A. No 10. *Xe Assemblée générale. Stockholm, juillet* 1950. Paris. Au Secrétariat général, 1951; 1 vol. 24 cm.

The British Mysidacea, by W. M. Tattersall and Olive S. Tattersall. London, Printed for the Ray Society sold by Bernard Quaritch, 1951; 1 vol. 22 cm.

Wave-Theory! Discovery of the cause of gravitation. Book XI. Part I, 1951. *Discoveries in the gravitational theory of the several forces in nature, more especially illuminated by great developments in the mecanique celeste, and the life of Laplace* (1749-1827), *the « Newton of France »* (*Poisson,* 1827), *not adequately analysed in Any existing work;* by Thomas J. J. See. London, Wheldon and Wesley, and Nichols Press, Lynn Mass., 1951; 1 fasc. polycopié 27,5 cm.

Le problème de la vaccination antirabique chez le chien, par GOTTLIEB FLÜCKIGER, in *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*. Fasc 5. Vol. XCIII, 1951; 1 feuillet 21 cm.

Monografie matematyczne. Tom XXIII. *Algèbre des ensembles*, par WACLAW SIERPINSKI. Warszawa, 1951; 1 vol. 25 cm.

Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et de navigateurs pour l'an 1952, publiée par le BUREAU DES LONGITUDES. Paris, Gauthier-Villars, 1951; 1 vol. 24,5 cm.

Institut de France, Académie des sciences morales et politiques. *Notices biographiques et bibliographiques. Membres titulaires et libres. Associés étrangers à la date du 1er juillet* 1950. *Règlement. Fondations. Documents divers.* Paris, Recueil Sirey, 1951; 1 vol. 21,5 cm.

Union géodésique et géophysique internationale. Association de météorologie. Réunion de Bruxelles, 1951. *Programme, résumé des communications et rapports nationaux* (Publication A. I. M. N° 9/*a*) (polycopié). Bruxelles, juin 1951; 1 vol. 24,5 cm.

Champignons comestibles (*fungi edules*), par le docteur GUILLERMO HERTER. Paris, Paul Lechevalier, 1951; 1 vol. 24,5 cm.

Sciences d'aujourd'hui. Collection dirigée par ANDRÉ GEORGE. *La symétrie et ses applications*, par JACQUES NICOLLE. Préface de LOUIS DE BROGLIE. Paris, Albin Michel, 1950; 1 vol. 19 cm.

Electron microscopic histology of the heart. An application of Electron microscopic Research to physiology, by BRUNO KISCH, in collaboration with JOAN M. BARDET. New York, Brooklyn medical press, 1951; 1 vol. 25,5 cm.

Union internationale pour la protection de la nature. *État de la protection de la nature dans le monde en* 1950. Publié avec le concours financier de l'UNESCO. Bruxelles, 1951; 1 vol. 22,5 cm,

Id. — *La natura fonte preziosa e vulnerabile dei beni a noi necessari*. Testo di una lezione per gli scolari d'Italia. Bruxelles, s. d.; 1 fasc. 23 cm.

NPL. — Jubilee book of the national physical Laboratory, by JOHN LANGDON-DAVIES. London, H. M. Stationery office, 1951; 1 vol. 21 cm.

Chimie générale. Introduction à la chimie descriptive et à la chimie théorique moderne, par LINUS PAULING. Traduit par R. PÂRIS. Paris, Dunod, 1951; 1 vol. 24,5 cm.

Gouvernement général de Madagascar et dépendances. Carte géologique de reconnaissance à l'échelle de 200000e. *Besalampy* (404) *F. G.* 40-41. Levers de VICTOR HOURCQ, 1934; triangulation de CH. ABADIE, 1933, et RAKOTONDRAMAZAVA, 1934; topographie par RAKOTONDRAMAZAVA. Notice explicative sur cette feuille par VICTOR HOURCQ. *Soalala* (405) H. I. 40-41, par les mêmes auteurs. *Notice explicative sur cette feuille*, par le même auteur. *Tambokorano* (423) *D. E.* 42-43. Levers de F. TORTOCHAUX, 1947. Travaux consultés : L. BARRABÉ. Triangulation S. G., 1934. CH. ABADIE, 1936. Topographie : CH. ABADIE, E. RAKOTONDRAMAZAVA et RAKOTONIAINA, 1936. Complétage : P. RAKOTOMALALA, 1947. *Bebao* (424) *F. G.* 42-43, par les mêmes auteurs. *Bekodoka* (425) *H. I.* 42-43. Levers 1947, par R. L. KOENIG (A) et F. TORTOCHAUX (B). Travaux consultés : Triangulation, topographie comme précédemment. Complétage : P. RAKOTOMALALA et P. RAMAMONJISOA, 1947. Tananarive, Service des mines de Madagascar, et Paris, Imprimerie nationale 1949; 5 feuilles 70 × 55 cm et 2 fasc. 23,5 cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 AOÛT 1951.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la valeur d'un déterminant fonctionnel.* Note de M. JEAN CHAZY.

Calcul indirect de la valeur absolue d'un déterminant de la Mécanique céleste.

En Mécanique céleste on est amené à représenter un mouvement elliptique dans l'espace à six dimensions, tantôt par les trois coordonnées x, y, z du point en mouvement par rapport à trois axes rectangulaires passant au centre d'attraction, et par les dérivées de ces coordonnées par rapport au temps x', y', z', tantôt par les six éléments elliptiques classiques $a, e, i, \theta, \varpi, \tau$. Je rappelle que ces six éléments, constants dans le mouvement non troublé, variables dans le mouvement troublé, sont successivement le demi-grand axe, l'excentricité, l'inclinaison de l'orbite, la longitude du nœud, la longitude du périhélie, et l'instant du passage au périhélie où s'annulent les trois anomalies. Et l'on est amené à considérer [1] les déterminants fonctionnels des six variables du premier système par rapport aux six éléments du second système, et inversement, soit

$$\frac{D(x, x', y, y', z, z')}{D(a, e, i, \theta, \varpi, \tau)} = \Delta \quad \text{et} \quad \frac{D(a, e, i, \theta, \varpi, \tau)}{D(x, x', y, y', z, z')} = \frac{1}{\Delta}.$$

Le calcul direct du déterminant Δ est laborieux; on peut calculer indirectement ce déterminant, ou du moins sa valeur absolue, par la voie suivante.

---

[1] *Voir* par exemple CHAZY, *Journal de Mathématiques*, 4e série, 8, 1929, p. 373; G. D. Birkhoff notamment a souvent considéré de telles représentations.

Les six équations de la théorie des perturbations, appelées souvent équations de Lagrange, expriment les dérivées des six éléments elliptiques dC_i/dt en fonctions linéaires des six dérivées partielles $\partial R/\partial C_k$, si C_i et C_k sont deux quelconques des six éléments, et si R est la fonction perturbatrice, soit

$$\frac{dC_i}{dt} = \sum_k P_{ik} \frac{\partial R}{\partial C_k}.$$

On sait que les trente-six coefficients P_{ik} sont les parenthèses de Poisson

$$P_{ik} = \frac{D(C_i, C_k)}{D(x, x')} + \frac{D(C_i, C_k)}{D(y, y')} + \frac{D(C_i, C_k)}{D(z, z')},$$

et par suite forment un tableau symétrique gauche, dont il suffit *a priori* de calculer quinze éléments. Si les éléments de chaque ligne sont, dans l'équation qui exprime la dérivée dC_i/dt correspondante, les coefficients des différentes dérivées $\partial R/\partial C_k$, et si l'on introduit le moyen mouvement n égal à la quantité $\sqrt{\mu/a^3}$, μ désignant le coefficient attractif par unité de masse, ce tableau est le suivant [2] :

	$\frac{\partial R}{\partial a}$.	$\frac{\partial R}{\partial e}$.	$\frac{\partial R}{\partial i}$.	$\frac{\partial R}{\partial \theta}$.	$\frac{\partial R}{\partial \varpi}$.	$\frac{\partial R}{\partial \tau}$.
$\frac{da}{dt}$	o	o	o	o	o	$-\frac{2}{n^2 a}$
$\frac{de}{dt}$	o	o	o	o	$-\frac{\sqrt{1-e^2}}{na^2 e}$	$-\frac{1-e^2}{n^2 a^2 e}$
$\frac{di}{dt}$	o	o	o	$-\frac{1}{na^2\sqrt{1-e^2}\sin i}$	$-\frac{\operatorname{tg}\frac{i}{2}}{na^2\sqrt{1-e^2}}$	o
$\frac{d\theta}{dt}$	o	o	$\frac{1}{na^2\sqrt{1-e^2}\sin i}$	o	o	o
$\frac{d\varpi}{dt}$	o	$\frac{\sqrt{1-e^2}}{na^2 e}$	$\frac{\operatorname{tg}\frac{i}{2}}{na^2\sqrt{1-e^2}}$	o	o	o
$\frac{d\tau}{dt}$	$\frac{2}{n^2 a}$	$\frac{1-e^2}{na^2 e}$	o	o	o	o

Ainsi, parmi les trente-six éléments du tableau, dix seulement sont différents de zéro, et l'on obtient immédiatement la valeur du déterminant correspondant

$$\| P_{ik} \| = \left(\frac{2}{n^2 a}\right)^2 \left(\frac{\sqrt{1-e^2}}{na^2 e}\right)^2 \left(\frac{1}{na^2\sqrt{1-e^2}\sin i}\right)^2 = \frac{4}{n^8 a^{10} e^2 \sin^2 i}.$$

[2] Dans le *Traité de Mécanique céleste* de Tisserand, tome 1, figurent deux systèmes différentiels voisins : dans l'un (p. 169) l'élément τ est remplacé par la variable $\varepsilon = \varpi - n\tau$, dans l'autre (p. 187) les éléments ϖ et τ sont remplacés par les variables $\omega = \varpi - \theta$ et $\chi = -n\tau$.

Or l'on sait (³) que le même déterminant est égal au carré du déterminant fonctionnel désigné précédemment par $1/\Delta$:

$$\|P_{ik}\| = \frac{1}{\Delta^2}, \qquad \text{d'où} \qquad \Delta = \pm \frac{n^4 a^6 e \sin i}{2}.$$

On constate de même que, dans un mouvement plan ayant lieu dans le plan xOy, en fonction des variables x, x', y, y' et des quatre éléments a, e, ϖ, τ, et dans un mouvement rectiligne sur l'axe Ox, en fonction des variables x, x' et des deux éléments a, τ, on a les expressions

$$\frac{D(x, x', y, y')}{D(a, e, \varpi, \tau)} = \pm \frac{n^3 a^3 e}{2\sqrt{1-e^2}}, \qquad \frac{D(x, x')}{D(a, \tau)} = \pm \frac{n^2 a}{2}.$$

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence des additions sur le diagramme d'équilibre de la transformation ordre ⇌ désordre, dans les ferronickels réversibles.* Note de MM. **Pierre Chevenard** et **Émile Josso**.

Influence exercée par une addition de cuivre ou de molybdène sur la température critique Tc de la transformation ordre ⇌ désordre, dans les ferronickels préparés par frittage. Diagrammes d'équilibre de cette transformation dans les alliages additionnés de 5 % Cu ou de 4 % Mo.

Comme il a été montré dans une Note antérieure (¹), la température critique Tc de la transformation ordre ⇌ désordre dans les ferronickels binaires voisins de Ni_3Fe, préparés par frittage, varie avec la teneur en nickel et obéit à un diagramme d'équilibre qui a été construit entre 68 et 80 % Ni. Après addition modérée de cuivre ou de molybdène, l'aptitude à la mise en ordre se retrouve; mais elle est moindre, et ces additions modifient le caractère de la surstructure d'une manière assez profonde pour qu'il ait paru nécessaire d'étudier en détail les modalités de leur action.

Des ferronickels ternaires très purs formant deux séries, l'une avec 5 % de cuivre et l'autre avec 4 % de molybdène, ont été préparés par frittage. Un premier problème consistait à déterminer, pour chacun d'eux, la température critique Tc qui sépare les domaines de stabilité respectifs de l'état ordonné et de l'état désordonné. Les alliages au cuivre ont été soumis à l'analyse dilatométrique, tandis que la méthode thermomagnétique a été reconnue plus sensible pour les alliages au molybdène. La justification de ces techniques

---

(³) *Voir* par exemple Andoyer, *Cours de Mécanique céleste*, 1, 1923, p. 28-29; et Chazy, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1043.

(¹) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1467.

ainsi que les procédés mis en œuvre pour élaborer les courbes expérimentales ont déjà été exposés en détail ([2]).

En réalité, aucun de ces alliages ternaires ne possède une véritable température critique caractérisée par une discontinuité dans les états structuraux. La figure 1 illustre ce fait : elle représente, pour deux alliages, en fonction de la température de recuit Θr maintenue pendant 100 h, l'évolution du degré d'ordre, repéré en unités arbitraires par l'amplitude $\Delta l/l$ de l'anomalie dilatométrique associée. L'un de ces alliages est un ferronickel pur à 74 % Ni et l'autre, un ferronickel cuivré Ni 72, Cu 5 %. Tous deux correspondent sensiblement, dans leurs familles respectives, aux compositions les plus aptes à la mise en ordre.

Or, tandis que le ferronickel voisin de Ni^3Fe accuse une quasi-disconti-

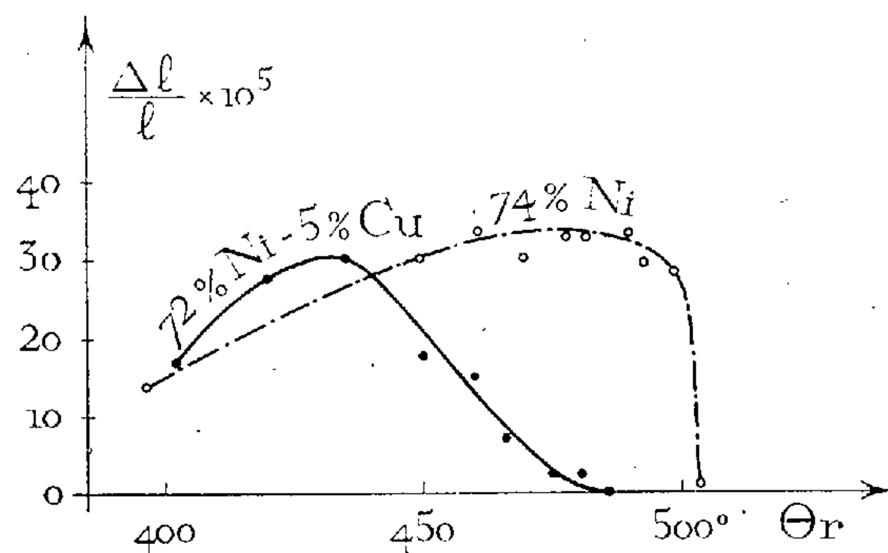


Fig. 1.

nuité, au point qu'un gain de quelques degrés suffit à faire passer de l'état ordonné à l'état désordonné, ce même passage s'effectue, d'une manière beaucoup plus progressive pour l'alliage cuivré. Néanmoins, on peut déterminer avec une approximation généralement meilleure que $\pm$ 5 degrés, la température au-dessous de laquelle l'ordre commence à apparaître. Par convention, cette température-seuil va être assimilée à une température critique, afin de comparer entre eux les différents alliages, quant à la stabilité thermique de leur état ordonné.

La figure 2 représente la variation de la température Tc ainsi déterminée avec la teneur en nickel, dans les deux séries d'alliages à 5 % Cu et à 4 % Mo, et dans les ferronickels binaires. Les diagrammes ont été établis entre 64 et 76 % Ni pour les alliages au Cu, entre 70 et 78 % Ni pour les alliages au Mo; à l'extérieur de ces limites, en effet, la température Tc n'est plus déterminée avec une précision suffisante.

Les additions étudiées ont toutes deux pour effet d'abaisser la température

---

([2]) *Revue de Métallurgie*, 47, 1950, p. 769.

critique Tc. En outre, la présence de cuivre fait rétrograder l'abscisse du maximum qui correspond à l'alliage cuivré le plus apte à s'ordonner. Il semble donc, qu'en partie au moins, les atomes de cuivre jouent dans la surstructure le même rôle que les atomes de nickel. L'action du molybdène, au contraire, semble limitée à un effet de dilution, traduit par une atténuation considérable de $\Delta l/l$, anomalie de volume.

Les diagrammes de la figure 2 sont valables pour des alliages très purs

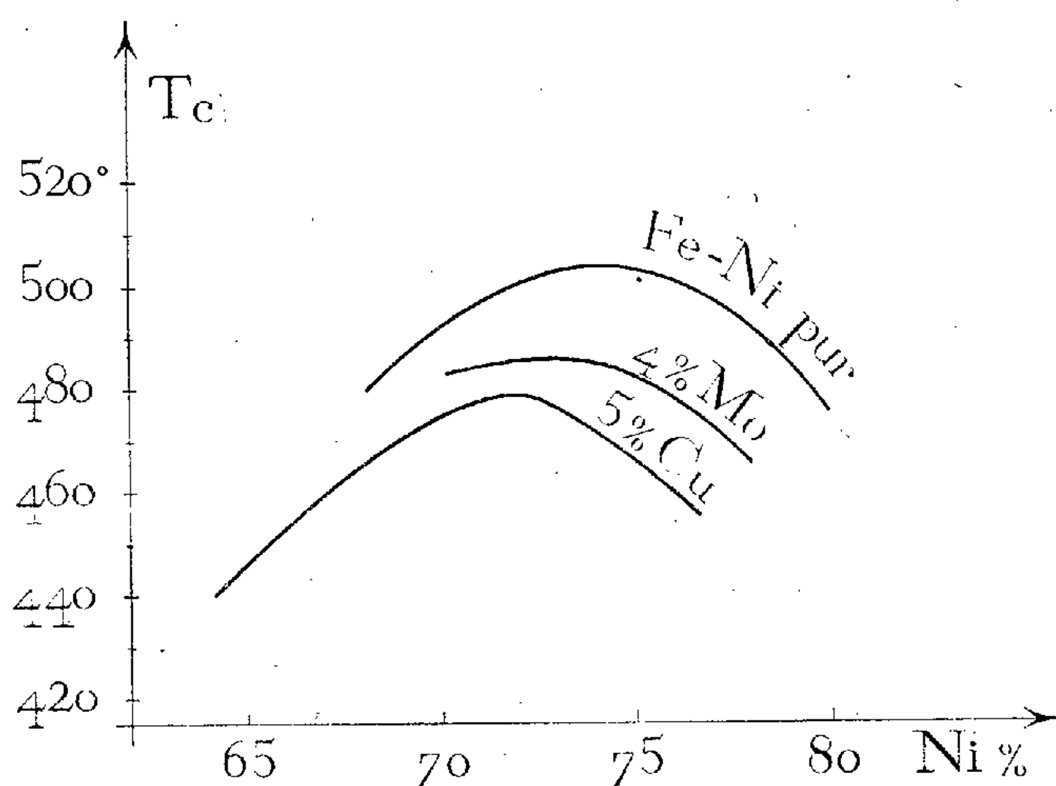


Fig. 2.

obtenus par frittage. Les températures critiques sont un peu plus élevées pour les alliages fondus et forgés.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les groupes orthogonaux rationnels à trois et quatre variables.* — Note de M. **Jean Dieudonné**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On montre dans cette Note que tous les groupes orthogonaux à trois variables $\mathbf{O}_3(\mathbf{Q}, f)$ sur le corps des nombres rationnels, pour les formes f d'indice o, admettent une suite infinie décroissante de sous-groupes distingués dont l'intersection est l'élément neutre. La même propriété est vraie pour les groupes à quatre variables lorsque la forme f est soumise à certaines restrictions.

1. Nous dirons qu'un groupe G est *quasi résoluble* s'il existe une suite décroissante (G_n) de sous-groupes distingués de G, dont l'intersection est l'élément neutre, telle que G_n/G_{n+1} soit un groupe fini qui est abélien à partir

d'une certaine valeur de n. Le but de cette Note est de démontrer le théorème suivant, qui généralise des exemples donnés dans un ouvrage antérieur [1].

THÉORÈME 1. — *Le groupe orthogonal* $\mathbf{O}_3(\mathbf{Q}, f)$ *sur le corps* $\mathbf{Q}$ *des nombres rationnels est quasi résoluble lorsque la forme quadratique* f *est d'indice* o. *Il en est de même de* $\mathbf{O}_4(\mathbf{Q}, f)$ *lorqu'on suppose en outre que* f *est une forme indéfinie ou que le discriminant de* f *est un carré.*

2. D'après la théorie des formes quadratiques sur $\mathbf{Q}$, due à Hasse, pour qu'une forme quadratique sur $\mathbf{Q}$ soit d'indice o, il faut et il suffit qu'il existe une place p (finie ou infinie) telle que f, considérée comme forme quadratique sur $\mathbf{Q}_p$, soit d'indice o [2]. En outre, si f est une forme à trois variables, il y a un nombre *pair* de places p telles que f soit d'indice o sur $\mathbf{Q}_p$ [3], donc au moins l'une d'elles est *finie*; la même conclusion est valable lorsque f est une forme à 4 variables dont le discriminant est un carré [4]; enfin, si f est une forme indéfinie à 4 variables, elle est d'indice ≥ 1 à la place infinie, donc il existe au moins une place finie p telle que f soit d'indice o sur $\mathbf{Q}_p$. Comme pour toute place p le groupe $\mathbf{O}_n(\mathbf{Q}, f)$ est un sous-groupe de $\mathbf{O}_n(\mathbf{Q}_p, f)$, le théorème 1 est conséquence du théorème suivant :

THÉORÈME 2. — *Si une forme quadratique* f *à* n *variables* $(n = 3, 4)$ *sur un corps p-adique* $\mathbf{Q}_p$ *est d'indice* o, *le groupe orthogonal* $\mathbf{O}_n(\mathbf{Q}_p, f)$ *est quasi résoluble.*

3. Pour démontrer le théorème 2, supposons la forme f rapportée à une base orthogonale telle que $f(x) = \sum_{k=1}^{n} \rho_k \xi_k^2$, où les ρ_k sont des entiers p-adiques d'ordre zéro ou 1, ce qui est toujours possible. Nous allons voir qu'il existe un nombre $-r < 0$ tel que *toute matrice orthogonale* $U = (\alpha_{ij})$ *ait ses éléments d'ordre* $\geq -r$. En effet, on a les relations $\sum_{k=1}^{n} \rho_k \alpha_{kj}^2 = \rho_j$ pour $1 \leq j \leq n$; si notre assertion était inexacte, pour tout entier $h > 0$, il existerait des solutions en entiers p-adiques de la congruence $\sum_{k=1}^{n} \rho_k x_k^2 \equiv 0 \pmod{p^{2h}}$ où un au moins des x_k est une unité p-adique; mais lorsqu'il en est ainsi et que $h \geq 2$ (pour $p \neq 2$), ou $h \geq 3$ (pour $p = 2$), il existe des entiers p-adiques y_k tels que l'on

---

(1) J. DIEUDONNÉ, *Actual. Scient. et Ind.*, n° **1040**, Paris, Hermann, 1948. Je conserve les notations et la terminologie de cet Ouvrage.

(2) *Voir* par exemple E. WITT, *J. de Crelle*, **176**, 1936, p. 31-44, en particulier p. 41, Satz 19.

(3) *Cf.* WITT, *loc. cit.*, p. 41.

(4) *Cf.* WITT, *loc. cit.*, p. 39.

ait $\sum_{k=1}^{n} \rho_k(x_k + p^{h+1}y_k)^2 \equiv 0 (\bmod p^{2h+2})$, d'où l'on déduit aussitôt par un raisonnement classique ([5]) que l'équation $\sum_{k=1}^{n} \rho_k z_k^2 = 0$ admet des solutions non triviales dans $\mathbf{Q}_p$, ce qui est contraire à l'hypothèse.

Le groupe $\mathbf{O}_n(\mathbf{Q}_p, f)$ est donc un sous-ensemble du produit $(p^{-r}\mathbf{Z}_p)^{n^2}$ dans l'espace $\mathbf{Q}_p^{n^2}$. Comme ce produit est compact et que $\mathbf{O}_n(\mathbf{Q}_p, f)$ est fermé dans $\mathbf{Q}_p^{n^2}$ (puisque défini par des relations algébriques), le groupe $\mathbf{O}_n(\mathbf{Q}_p, f)$ est *compact et totalement discontinu*. On sait alors ([6]) qu'il existe dans $\mathbf{O}_n(\mathbf{Q}_p, f)$ un système fondamental (dénombrable et décroissant) de voisinages G_m de l'élément neutre I, qui sont des sous-groupes distingués de $\mathbf{O}_n(\mathbf{Q}_p, f)$, à la fois ouverts et fermés. En outre, un de ces voisinages G_s est contenu dans le voisinage de I (dans $\mathbf{Q}_p^{n^2}$) formé des matrices de la forme $I + pV$, où les éléments de V sont entiers p-adiques; on en déduit aisément que G_s est un groupe p-*primaire* ([7]), et par suite que tous les quotients G_m/G_{m+1} sont des p-groupes (donc sont résolubles) dès que $m \geq s$, ce qui achève de démontrer le théorème 2.

4. *Remarques.* — 1° La démonstration du théorème 2 s'étend immédiatement à tout corps valué localement compact et totalement discontinu de caractéristique $\neq 2$. On en déduit que le théorème 1 est encore valable sur un corps de nombres algébriques réels dont tous les conjugués sont imaginaires ([8]).

2° La démonstration du théorème 1 montre que le problème de la structure de $\mathbf{O}_4(\mathbf{Q}, f)$ ne reste ouvert que lorsque f est une forme définie positive et qui est d'indice > 0 pour toute place finie p telle que le discriminant de f soit un carré dans $\mathbf{Q}_p$. Ce cas et le cas $n = 5$ sont donc les seuls où la structure de $\mathbf{O}_n(\mathbf{Q}, f)$ soit inconnue, car j'ai démontré dans un travail à paraître dans un autre recueil, que pour $n \geq 6$, le groupe projectif $P\Omega_n(\mathbf{Q}, f)$ est toujours *simple*.

([5]) *Voir* par exemple B. W. Jones, *Carus Math. Monographs*, n° 10, 1950, en particulier p. 21-24.

([6]) *Voir* N. Bourbaki, *Topologie générale*, chap. III-IV, *Actual. Scient. et Ind.*, n° 916, Paris, Hermann, 1942, p. 33, exerc. 19.

([7]) J. Braconnier, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 304.

([8]) *Cf.* Witt, *loc. cit.*, p. 39-42.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une classe de représentations canoniques.* Note de M[me] **Jacqueline Lelong-Ferrand**, présentée par M. Gaston Julia.

Cette Note a pour but de montrer comment les fonctions préholomorphes, que nous avons définies antérieurement [1] et appliquées à la représentation conforme d'un domaine simplement connexe sur un triangle ou un rectangle, permettent de résoudre le problème de la représentation conforme d'un domaine quelconque sur un domaine canonique constitué par un rectangle muni de fentes parallèles à l'un de ses côtés. La méthode se rattache au principe de minimum de Hilbert; mais le procédé constructif envisagé ici assure l'existence de la solution et permet d'en donner une approximation numérique effective par simple résolution d'un système d'équations linéaires.

a. Domaines polygonaux particuliers. — Soit D un domaine borné dont la fermeture $\overline{D}$ est la réunion d'un nombre fini de carrés fermés appartenant à un quadrillage régulier du plan. La frontière de D se compose d'un nombre fini, soit $p+1$, de lignes polygonales fermées $C_0, C_1, C_2, \ldots C_p$, dont l'une au moins, soit C_0, ne se réduit pas à un point. Sur C_0 nous choisirons quatre sommets distincts, a, b, c, d, du quadrillage, se succédant dans cet ordre. Nous supposerons les côtés du quadrillage respectivement parallèles aux axes de coordonnées $x'x$, $y'y$, et nous désignerons par R_n le réseau obtenu en divisant chacun des carrés constituant D en 4^n carrés égaux au moyen de parallèles aux axes.

Ceci étant posé, soit $\mathcal{F}_n$ $(n \geq 1)$ la famille des fonctions réelles P définies sur l'ensemble R'_n des nœuds [1] de R_n ayant même parité [1] que *abcd* et satisfaisant aux conditions suivantes :

$$P = \xi_0 \text{ (resp. } \xi'_0\text{) sur l'arc } ad \text{ (resp. } bc\text{) de } C_0;$$
$$P = \text{const. sur chacun des arcs } C_i (i = 1, 2, \ldots, p).$$

Dans $\mathcal{F}_n$ il existe une fonction P_n et une seule (déterminée par un système linéaire) qui réalise le minimum de l'expression

$$A_n(P) = \sum_{i,j} [P(z_i) - P(z_j)]^2,$$

la somme Σ étant étendue à toutes les arêtes $z_i z_j$ de R'_n contenues dans D.

Cette fonction P_n est préharmonique [1] sur R'_n; on peut la prolonger en une fonction $\mathring{P}_n$, continue dans D, et lui associer une autre fonction $\mathring{Q}_n$, continue

[1] *Bulletin des Sc. Math.*, 68, Septembre 1944, p. 1-29.

dans D et définie à une constante près, telle que la fonction f_n formée par les valeurs de $\mathring{f}_n = \mathring{P}_n + i\mathring{Q}_n$ aux nœuds de R_n, soit préholomorphe sur R_n. La propriété de minimum de $A_n(P_n)$ permet de montrer que Q_n est uniforme et satisfait à $Q_n = \text{const.}$ sur chacun des arcs ab, cd de C_0. On peut donc supposer $Q_n = \eta_0$ sur l'arc ab, η_0 étant donné.

On a d'autre part

$$\iint_D \left[\left(\frac{\partial \mathring{P}_n}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \mathring{P}_n}{\partial y}\right)^2\right] dx\,dy < A_n(P_n), \qquad \iint_D \left[\left(\frac{\partial \mathring{Q}_n}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \mathring{Q}_n}{\partial y}\right)^2\right] dx\,dy < A_n(P_n).$$

Du fait que la suite $A_n(P_n)$ est non croissante et que les fonctions P_n, Q_n sont monotones au sens de Lebesgue ([2]), on déduit l'égale continuité de ces fonctions. Or la limite $f = P + iQ$ d'une suite partielle convergente de fonctions f_{n_p} est holomorphe dans D et satisfait à

$P = \xi_0$ (resp. ξ'_0) sur l'arc ad (resp. bc) de C_0;
$P = \text{const.}$ sur chacun des arcs C_i ($i = 1, 2, \ldots, p$);
$Q = \eta_0$ (resp. $= \text{const.}$) sur l'arc ab (resp. cd) de C_0.

Donc f réalise la représentation conforme de D sur un rectangle $\alpha\beta\gamma\delta$ dont le côté $\alpha\beta$ est donné, muni de fentes perpendiculaires à ce côté, avec correspondance des points $abcd$ et $\alpha\beta\gamma\delta$. Une telle représentation étant unique, la suite f_n tout entière converge vers f.

Il serait intéressant de majorer la différence $|f - f_n|$, qui, à l'intérieur de D, est de l'ordre de 2^{-n}.

B. *Cas d'un domaine quelconque.* — Soit D un domaine quelconque, de connexion finie ou infinie. Nous supposerons que D admet un continu frontière isolé C_0 ne se réduisant pas à un point, et nous choisirons sur C_0 quatre bouts premiers a, b, c, d. Un quadrillage régulier Q_0 du plan étant donné, nous désignerons par Q_ν le quadrillage obtenu en divisant chaque maille de Q_0 en 4^ν carrés égaux, par D le plus grand domaine connexe, constitué au moyen de mailles de Q_ν, contenu dans D et contenant un point z_0 donné de D. Pour ν assez grand, il est possible de choisir quatre points a_ν, b_ν, c_ν, d_ν, situés sur un même continu frontière C_0^ν de D_ν, et convergeant respectivement vers a, b, c, d. Soit f_ν la fonction qui représente conformément D sur un rectangle $\alpha\beta\gamma_\nu\delta_\nu$ admettant un côté $\alpha\beta$ donné et muni de fentes perpendiculaires à ce côté, avec correspondance des points a_ν b_ν c_ν d_ν et $\alpha\beta\gamma_\nu\delta_\nu$. La suite f_ν converge vers la fonction f qui réalise la représentation conforme de D sur un rectangle $\alpha\beta\gamma\delta$ muni de fentes perpendiculaires à $\alpha\beta$ (les fentes pouvant se réduire à des points).

([2]) *Rend. Circ. Mat. Palermo*, **24**, 1907, p. 371-402.

L'étude de l'approximation de f par f_1 se fait par des méthodes déjà utilisées ([3]).

ÉLECTRONIQUE. — *Le magnétron en régime statique de charge d'espace : magnétrons à anode centrale.* Note de M. **Jean-Loup Delcroix**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'étude du régime bidromique ne fait apparaître aucune des difficultés signalées pour le magnétron classique. Le temps de transit reste fini pour toute valeur de b/a. Quand b/a tend vers 1 le régime tend vers celui du magnétron plan.

Dans une série de Notes récentes, ([1]), ([2]), ([3]), nous avons montré comment se présente la théorie du magnétron en régime statique de charge d'espace quand on l'envisage du point de vue des grandeurs de champ (distribution de

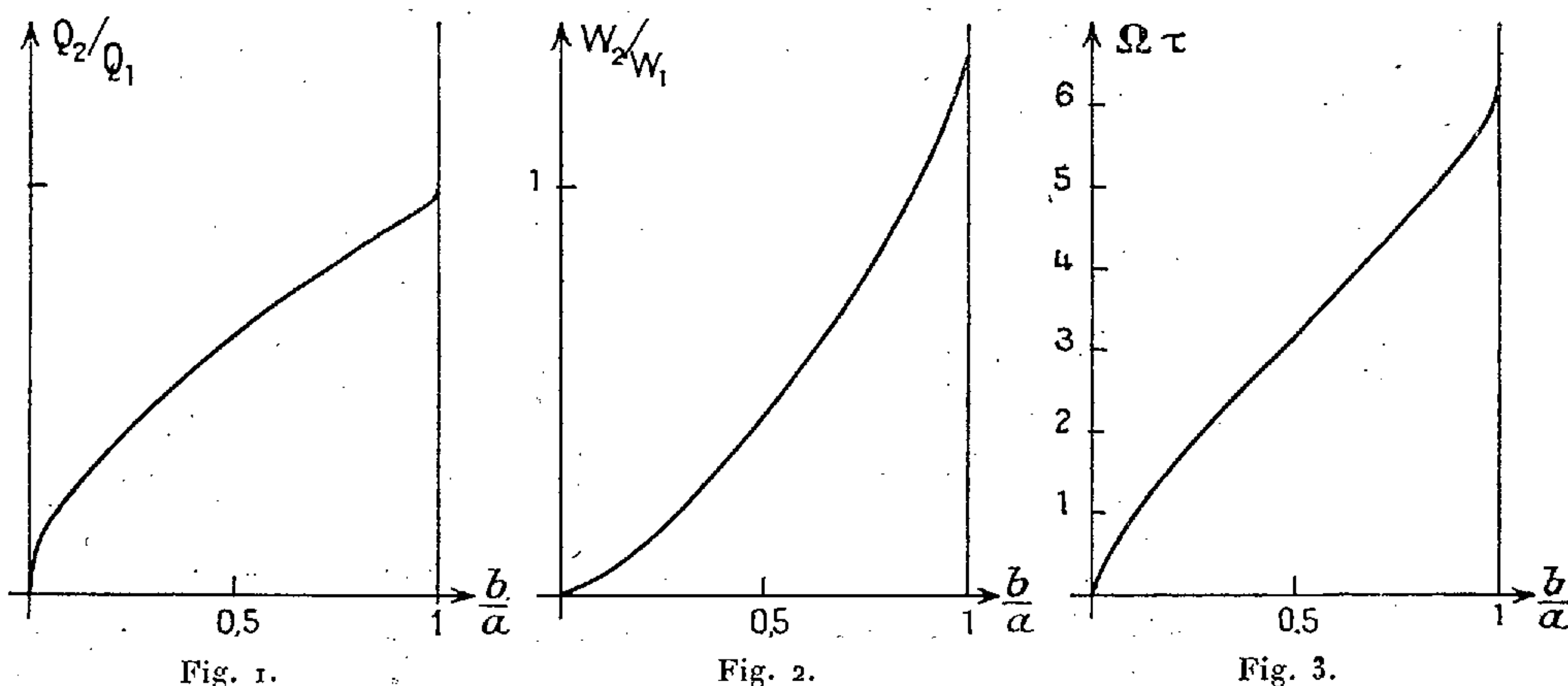


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

potentiel, densité de charge d'espace) et de leurs intégrales (charge d'espace totale, énergie totale, temps de transit). Nous avons analysé les difficultés que présente le passage au cas limite du magnétron plan en montrant qu'il existe une valeur critique du rapport b/a pour laquelle le régime bidromique se confond avec le régime de Brillouin.

Il est possible d'étudier par les mêmes méthodes les magnétrons dans lesquels le rôle des électrodes est inversé (cathode périphérique, anode centrale).

([3]) S. E. Warschawski, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 69, 1950, p. 335-356; et J. Ferrand, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 132-134.

([1]) G.-A. Boutry et J.-L. Delcroix, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1413.

([2]) J.-L. Delcroix et G.-A. Boutry, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1653.

([3]) J.-L. Delcroix, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2298.

Le régime bidromique et le régime singulier de Brillouin sont encore mathématiquement possibles tous deux; mais ce dernier ne s'introduit pas naturellement comme limite du régime bidromique : si l'on caractérise celui-ci comme précédemment par la valeur du rapport b/a (b rayon de la surface de coupure, a rayon de la cathode), on peut faire varier b/a de façon continue de 0 à 1; les figures 1, 2 et 3 représentent les grandeurs physiques relatives au régime bidromique

Q_2 charge d'espace totale,
W_2 énergie totale de l'atmosphère électronique,
$\Omega\tau$ temps de transit réduit ($\Omega = eH/mc$).

Pour les deux premières on a pris comme terme de comparaison les quantités correspondantes Q_1 et W_1 relatives au régime de Brillouin.

Le temps de transit reste toujours fini; la distribution de charge d'espace ne comporte jamais d'anneau intermédiaire de densité maxima. Quand b/a tend vers zéro elle tend vers celle d'une diode à anode filiforme étudiée par Langmuir et Catherine Blodgett [4]. Quand b/a tend vers 1 le régime bidromique se contracte régulièrement; la distribution tend vers celle d'un magnétron plan sans aucune des singularités signalées pour le magnétron classique [3]. La forme des courbes au voisinage des deux cas limites $b/a = 0$ et $b/a = 1$ peut être précisée par des formules d'approximation.

ÉLECTROLYSE. — *Sur l'électrolyse de l'acide phosphorique entre électrodes de cuivre. Polissage électrolytique.* Note (*) de Mme **Denise Laforgue-Kantzer**, présentée par M. Paul Pascal.

1° La dissolution anodique du cuivre se produit en deux temps.
2° Le polissage a lieu dans la mesure où peut exister un phosphate acide hydroxylé $PO_4(OH)CuH_2$ qui constitue la « couche visqueuse », en équilibre avec l'oxyde à la surface de l'électrode, et l'acide en solution. On relie ainsi passivité et polissage électrolytique.

Les travaux récents [1], [2], [3], [4], [5] sur la nature et le rôle de la couche visqueuse anodique présentent des divergences dues sans doute à la difficulté

(4) *Phys. Rev.*, 22, 1923, p. 347-356.

(*) Séance du 6 août 1951.

(1) Mercadié, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 581.

(2) El Halfawy, *Arc. orig. C. Doc., CNRS*, n° 292, 1949.

(3) Batashev-Nikitin, *Zh. prikadl. Khim. SSRR*, 23, 1950, p. 263.

(4) Walton, *J. Electrochem. Soc.*, 97, 1950, p. 219.

(5) Tegart-Vines, *Rev. Metall.*, 48, 1951, p. 245.

de recueillir, conserver, et traiter chimiquement, sans la détériorer, une couche très mince, formée en milieu presque anhydre.

Cette étude est reprise par quatre méthodes simultanées : 1° mesure du potentiel anodique ([6]); 2° spectrographie infrarouge; 3° polarographie; 4° analyse chimique et titrage des acidités libres. La cellule électrolytique est en « H »: l'anode, horizontale, perforée, laisse s'écouler lentement la « couche visqueuse » qui est soutirée au bas de la branche anodique : le produit formé se trouve ainsi en contact avec l'acide phosphorique du bain, mais cela ne doit pas modifier sensiblement sa composition. Dans les cas 2° et 3°, préparation et mesure physique sont effectuées en un quart d'heure en tout. Les méthodes 3° et 4° qui nécessitent une dilution et l'addition de réactifs ne peuvent être déterminantes à elles seules.

1° La courbe (I), « Densité de courant D/Potentiel anodique η », a la forme classique ([6]); sa transformée logarithmique (II), « $\log D/\eta$ », se décompose en plusieurs segments sensiblement rectilignes. La comparaison de ces courbes révèle que pour les bains étudiés (PO_4H_3 : 500 g : l à 700 g : l), la portion AB de (I) englobe en fait trois processus : on distingue sur (II) les segments :

a. AA′ (non rectiligne) pas de polissage, c'est le début de l'ionisation.

b. A′A″ : apparition des stries noirâtres signalées par Jacquet ([7]). La couche soutirée est très réductrice. Si on lui ajoute immédiatement de l'ammoniaque et fait un dosage polarographique, on constate l'absence de la vague habituelle Cu_{II}—Cu_I à 0,27 volt mais seulement la vague Cu_I—Cu à 0,54 volt ([8]). Au retour, faisant décroître le potentiel appliqué, la vague Cu_I—Cu_{II} se manifeste. Le passage du cuivre en solution se ferait donc initialement à l'état cuivreux, grâce sans doute à la formation d'un composé peu soluble dans l'acide phosphorique, constituant le film noirâtre.

c. A″B. Au delà du point représentatif A″, la vague Cu_{II}—Cu_I se manifeste toujours. Le brillantage peut déjà apparaître, et des gouttes foncées tomber dans le compartiment anodique. Parfois les phénomènes de diffusion masquent la fin du processus à l'électrode, et les points B et A″ sont pratiquement confondus. Au delà du point représentatif A″, et jusqu'aux densités de

---

([6]) Cf. Audubert, Bonnemay et Lewartowicz, *Jour. Rech. CNRS*, n° 12, 1950.

([7]) *Bull. soc. Chim.*, (5), 3, 1936, p. 705.

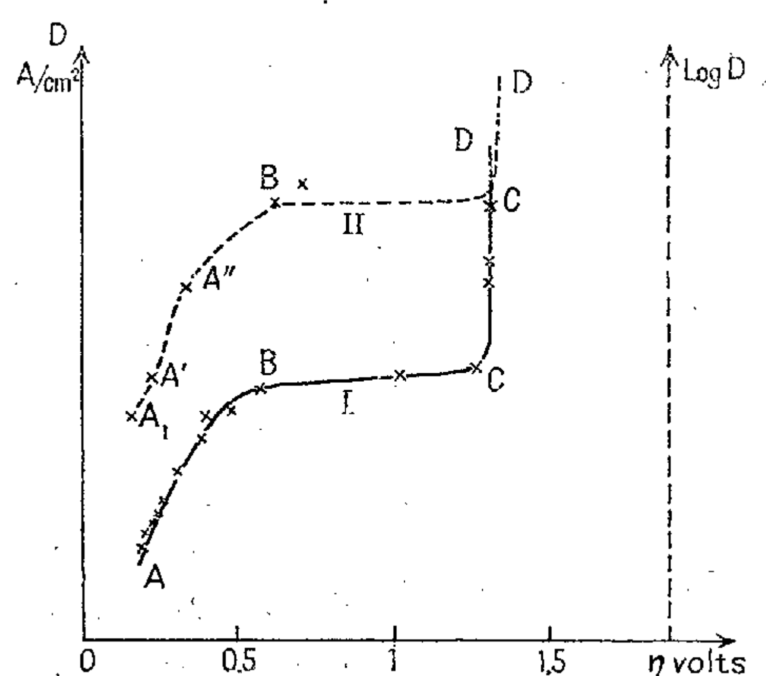
([8]) Heyrovsky, *Polarographie*.

([9]) Laforgue-Kantzer. *Ann. Chim.*, (12), 5, 1950, p. 819.

([10]) Expériences effectuées au laboratoire de M. Barchewitz avec l'aide théorique et pratique de Mme R. Mathis-Noël, opération suivie avec un enregistreur électrolytique prêté par M. Epelboim : je les remercie vivement.

courant très élevées, n'apparaissent que des ions cuivriques. Après le début du dégagement d'oxygène (zone CD), on observe dans les creux du piquetage la formation de phosphate $(PO_4)_2Cu_3$.

2° *A priori*, on pouvait penser que dans le champ anodique intense, l'anion phosphorique lui-même se trouvait modifié. Les spectres d'absorption infrarouge ([10]) réalisés dans la région $2\mu - 15\mu$, avec des échantillons prélevés aux divers stades de l'électrolyse permettent de répondre; les spectres sont identiques à celui de $PO_4H_2^-$ dans la région $6\mu - 15\mu$ ([9]) ([11]); ils présentent en outre deux bandes à $3,38\mu$ et $2,94\mu$ attribuables à OH^- libre, et associé.



Or les dosages chimiques et acidimétriques de 20 échantillons de la zone BC ne concordent bien ni avec les formules du type $(PO_4H_2)_2Cu$, xPO_4H_3, ni avec celles du type PO_4HCu, xPO_4H_3 mais suggèrent l'existence d'un composé PO_5CuH_3, xPO_4H_3 où deux acidités seraient de force moyenne. D'autre part, les sels hydroxylés sont fréquents dans la chimie du cuivre : l'étude de la structure de la libethenite naturelle $PO_4(OH)Cu_2$ révèle les ions PO_4^{---}, OH^-, et Cu^{++} ([12]). On peut donc penser que la couche visqueuse serait formée du composé $PO_4(OH)CuH_2$. La présence de l'oxhydrile permet de comprendre la viscosité, la nécessité de se trouver en milieu non totalement anhydre ([13]), le rôle adjuvant de la soude ([5]), de la glycérine, etc. N'importe quel acide ne pourra constituer un bon bain de polissage, puisque la condition essentielle du polissage nous paraît être l'existence d'un tel composé en équilibre à la fois avec l'oxyde et avec l'acide. On peut ainsi relier le polissage à

([11]) DUVAL et LECOMTE, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **14**, p. 976.

([12]) WELLS, *Structural inorganic chemistry*, p. 384.

([13]) DARMOIS, EPELBOIM et AMINE, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 386.

un autre phénomène toujours coexistant, la passivité. Inversement la passivation n'entraînerait dans cette façon de voir le polissage chimique que s'il existait un composé de cette forme.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des isoméries optiques des alcaloïdes du quinquina.* Note de MM. **Pierre Baranger** et **Roger Maréchal**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Il est possible de séparer par chromatographie des isomères optiques dans la quinine et la quinidine. Ces isomères seraient en proportion équimoléculaire dans les alcaloïdes considérés jusqu'à ce jour comme purs. La cinchonine et la cinchonidine n'ont pu être dédoublées.

La mise au point de la préparation industrielle à froid de la quinine nous a conduits à chromatographier les solutions aqueuses des bases : quinine, quinidine, cinchonine et cinchonidine. Les alcaloïdes de départ sont purifiés par les méthodes classiques de recristallisation à chaud des sulfates ou des bases, jusqu'à pouvoir rotatoire constant, d'où les formes A, décrites dans les publications. Les pouvoirs rotatoires sont déterminés sur les bases, séchées sous vide à la température ordinaire, l'humidité résiduelle étant déterminée sur un échantillon différent. La mesure est faite à 15° dans H_2SO_4 N/10; concentration de la base : M/40. Les pouvoirs rotatoires sont rapportés à la base anhydre. L'adsorbant chromatographique, choisi entre plusieurs autres [1], est le paradichlorobenzène bisublimé et pulvérisé.

Les solutions aqueuses d'alcaloïdes sont faites par addition d'une solution concentrée alcoolique dans un grand volume d'eau, bidistillée dans un appareil en verre. Concentration employée, environ 0,04 %. On ajuste le pH à 11 avec NH_4OH. Après chromatographie on élue par ClH normal, d'où la base adsorbée : B est reprécipitée par NH_4OH.

La solution aqueuse chromatographiée, après extraction par le trichloréthylène pur, reprise par ClH N/I, abandonne la base non adsorbée : C par reprécipitation avec NH_4OH.

Dans ces conditions la quinine et la quinidine A sont dédoublées en bases B

(1) Tels que : naphtalène, diphényl, *o*-bromo-benzène, *o*-chlorobenzène, alcool octadécylique, hexachloréthane, heptachloropropane assymétrique.

et C, en proportion équimoléculaire. Le tableau ci-dessous rassemble les caractéristiques des isomères.

Bases.	P. F. (°C).	$\alpha_D^{15°}$.	Solubilités (H_2O, 20°). (%).
Quinine A	172	— 284,3	0,061
Quinine B	166	— 310	0,050
Quinine C	205 (*)	— 258	0,035
Quinidine A	171	+ 334	0,056
Quinidine B	169	+ 310	0,042
Quinidine C	166	+ 354	0,022

(*) Première fusion à 115-120° de la base hydratée.

Dans les mêmes conditions, la cinchonine et la cinchonidine donnent une portion adsorbée : B et une faible portion non adsorbée : C, dans les rapports approximatifs C/B de 15 pour la première et de 7 pour la deuxième. Les PF., $\alpha_D^{15°}$ et solubilités sont pratiquement identiques à ceux de A.

La transformation de A en B et C ou *vice versa* sous l'influence des alcalis, des acides et de la température est à l'étude.

Ces résultats suggèrent l'existence dans la quinine et dans la quinidine A d'au moins deux isomères optiques.

Les sulfates à pouvoir rotatoire constant, obtenus par recristallisations successives à chaud seraient analogues à la combinaison équimoléculaire qui existe dans l'acide paratartrique. Il est permis de penser que cette isomérie aurait son origine dans la rotation des deux noyaux autour de la copule — CHOH —.

Les résultats des travaux ou méthodes analytiques publiés à ce jour et basées sur les pouvoirs rotatoires — 284,3 et + 334,2 de la quinine et de la quinidine, devraient alors être revisés.

De même les spécifications des préparations thérapeutiques commerciales ([2]), ainsi que les tests de sélection des Cinchonas. Les cortex de *C. ledgeriana, succirubra, officinalis*, etc., ne contiennent pas les mêmes proportions de B et C.

([2]) Les quinines A, B et C possèdent sur les formes sanguines de *P. relictum* et *P. gallinaceum* des activités thérapeutiques du même ordre. Les activités sur les formes exo-erythrocytiques de *P. gallinaceum*, déterminées sur des lots de 20 poulets par la tech-

nique décrite par P. Baranger et M. K. Filer [*Annales de l'Institut Pasteur*, 75, p. 329 (1948)] sont les suivantes (doses Imgr) :

	A.	B.	C.
Pourcentage d'animaux sans parasites le 16e jour.....	72	60	71
» » le 30e jour.....	17	10	14
Pourcentage d'animaux vivants le 30e jour...........	45	50	70

La quinine C serait donc aussi active que la quinine A.

La séance est levée à 15 h 50 mn.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 AOÛT 1951.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Ernst Gäumann** adresse à l'Académie son Ouvrage : *Pflanzliche Infektionslehre.* Zweite, erweiterte Auflage.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Tiro de Artilleria, par José Rajas Feigenspán.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'entretien des oscillations des eaux portuaires sous l'action de la haute-mer.* Note de M. **John S. Mc Nown**, transmise par M. Henri Villat.

Dans une Note antérieure ([1]), dont nous reprenons les notations, nous avons explicité les formules résolutives du problème symétrique, relatif au port circulaire à profondeur constante, et étudié, à partir de ces résultats, le phénomène de la résonance. Nous complétons maintenant cette étude par la discussion de deux cas non résonnants et nous confrontons nos prévisions théoriques avec nos mesures.

1° Supposons d'abord que la période de la houle excitatrice corresponde à $\omega R = 6{,}00$; nous sommes alors à mi-chemin entre deux périodes résonnantes, éloignées l'une de l'autre. On a simplifié le calcul des conditions aux limites en admettant que le clapotis à l'entrée a une amplitude égale à sa valeur théorique (alors qu'en réalité, cette amplitude est légèrement inférieure). On a alors le tableau suivant pour comparer les valeurs expérimentales et les valeurs théoriques de l'amplitude des oscillations de la surface libre le long des parois verticales du port d'une part, le long du diamètre $\theta = 0$ d'autre part.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2005-2007.

TABLEAU I.

Comparaison pour $\omega R = 6,00$.

	$r = R$.								
	$\theta = 0$.	$\frac{\pi}{8}$.	$\frac{\pi}{4}$.	$\frac{3\pi}{8}$.	$\frac{\pi}{2}$.	$\frac{5\pi}{8}$.	$\frac{3\pi}{4}$.	$\frac{7\pi}{8}$.	π.
$\frac{\eta}{a}$ expérimental......	0,51	−0,42	−0,11	0,42	−0,37	−0,32	0,57	0,36	−0,37
$\frac{\eta}{a}$ théorique.........	0,57	−0,47	−0,04	0,38	−0,40	−0,36	0,58	0,33	−0,31
	$\theta = 0$.								
	$\frac{r}{R} = 1$.	$\frac{3}{4}$.	$\frac{1}{2}$.	$\frac{1}{4}$.	0.	$-\frac{1}{4}$.	$-\frac{1}{2}$.	$-\frac{3}{4}$.	-1.
$\frac{\eta}{a}$ expérimental......	0,45	−0,18	−0,17	0,24	0,24	−0,25	−0,36	−0,30	−0,33
$\frac{\eta}{a}$ théorique.........	0,57	−0,23	−0,19	0,18	0,14	−0,25	−0,42	−0,35	−0,31

On voit, en particulier, que l'écart maximum, d'ailleurs inférieur à 15 %, affecte le voisinage de l'entrée; ailleurs, l'accord est réalisé à 5 %. Eu égard aux hypothèses simplificatrices faites relativement au clapotis externe, la concordance paraît très satisfaisante; cela est d'autant plus remarquable que nous n'avons pas réussi, au cours de nos essais, à obtenir une houle parfaitement pure, en sorte que l'effet parasite des harmoniques d'ordre supérieur paraissait sensible.

2° Il nous a paru intéressant d'étudier quelques cas de non-résonance dans le voisinage de deux périodes résonnantes peu différentes. A cet effet, nous avons choisi une gamme de pulsations ω de la houle excitatrice intérieure à l'intervalle : $5,318 \leqq \omega R \leqq 5,34$ intervalle dont les extrémités correspondent, respectivement, aux résonances d'ordre $n = 1$ et $n = 4$. Il est *a priori* évident qu'une faible variation de ω suffit alors à entraîner un changement sensible dans l'allure du phénomène, devenu instable.

Voici les résultats numériques du rapport η/a calculés pour une même dénivellation du clapotis à l'entrée.

TABLEAU II.

$\frac{R}{r}$.	ωR. 5,318.	5,32.	5,33.	5,332.	5,34.	
1,0..............	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
0,8..............	0,75	0,85	0,36	0,46	0,63	
0,6..............	0,40	0,53	−1,10	−0,76	−0,24	$\theta = 0$
0,4..............	0,11	0,30	−2,14	−1,63	−0,89	
0,2..............	0,01	0,15	−1,73	−1,32	−0,77	
0..............	0	0	0	0	0	
−0,2..............	0,01	−0,15	1,72	1,32	0,78	
−0,4..............	0,11	−0,06	2,08	1,63	1,00	
−0,6..............	0,40	0,36	0,86	0,76	0,62	$\theta = \pi$
−0,8..............	0,75	0,93	−0,84	−0,46	0,09	
−1,0..............	1,00	1,22	−1,66	−1,00	0,14	

On observera qu'une variation de la période inférieure à 0,05 % change complètement la phase de l'oscillation de la surface libre comme elle altère d'une manière sensible l'amplitude de celle-ci. L'expérience confirme qualitativement ces prévisions théoriques que nous n'avons pu soumettre à un contrôle quantitatif rigoureux, faute de pouvoir atteindre la précision nécessaire dans les mesures des variations de la période de la houle.

Mais l'existence même du phénomène d'instabilité prévu par notre théorie apporte à celle-ci une vérification expérimentale intéressante. De plus, on voit avec quelle prudence il faut conduire les essais sur modèle réduit chaque fois que l'on opère dans le voisinage de deux périodes résonnantes presque égales.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les équations électromagnétiques déduites d'une théorie unitaire des champs*. Note de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Examen des équations électromagnétiques résultant des différentes possibilités de la théorie unitaire. La seule approximation consiste à supposer le champ électromagnétique petit et sa troisième puissance négligeable devant l'unité.

Les hypothèses sont les mêmes que dans nos précédentes Notes [1]. Les équations $R_{\mu\nu} = \lambda r_{\mu\nu}$ se scindent en deux groupes dont le second représente les équations électromagnétiques. On a [1]

$$(1) \qquad \mathring{\Box}\, \varphi_{\mu\nu} - (\partial_\mu f_\nu - \partial_\nu f_\mu) + 2 K_{\underset{\vee}{\mu\nu}} = \frac{2\lambda}{3} \varphi_{\mu\nu},$$

$K_{\underset{\vee}{\mu\nu}}$ dépend du tenseur de base $R_{\mu\nu}$ choisi.

Si l'on part de $R^{(1)}_{\mu\nu} = R^{\rho}_{\mu\nu\rho}(\Gamma)$ on obtient $3 \underset{\vee}{K}_{\mu\nu} = -2(\partial_\mu \Gamma_\nu - \partial_\nu \Gamma_\mu)\, f_\mu = 0$.

Si l'on part de $R^{(2)}_{\mu\nu} = R^{\rho}_{\mu\nu\rho}(\Delta)$ ou de

$$R^{(3)}_{\mu\nu} = \frac{1}{2}\left[R^{\rho}_{\mu\nu\rho}(\Delta) + R^{\rho}_{\nu\mu\rho}(\tilde{\Delta})\right] - \frac{1}{4}\left[R^{\rho}_{\rho\mu\nu}(\Delta) + R^{\rho}_{\rho\nu\mu}(\tilde{\Delta})\right],$$

on a $2 K_{\underset{\vee}{\mu\nu}} = (2a + 1)(\partial_\mu f_\nu - \partial_\nu f_\mu)$ ($a = 0$ ou $-1/6$ suivant les cas 2° ou 3°).

En posant $\Gamma_\mu = p\mu^2 A_\mu$, $f_\mu = m\mu^2 A_\mu$, on a de toutes façons

$$(3) \qquad \mathring{\Box}\varphi_{\mu\nu} - \beta(\partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu) = \frac{2\lambda}{3} \varphi_{\mu\nu},$$

---

(1) M. A. Tonnelat, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2407 et **233**, 1951, p. 513.

On suppose l'existence d'un espace de Riemànn à courbure constante tel que

$$(2) \qquad \mathring{G}^{\rho}_{\mu\nu\sigma} = \lambda/3(\gamma_{\mu\nu}\delta^{\rho}_{\sigma} - \gamma_{\mu\sigma}\delta^{\rho}_{\nu}) \qquad \mathring{G}_{\mu\nu} = \lambda\gamma_{\mu\nu} \qquad (\lambda < 0).$$

On suppose en outre que la partie antisymétrique $\varphi_{\mu\nu}$ du tenseur métrique $r_{\mu\nu} = \gamma_{\mu\nu} + \varphi_{\mu\nu}$ est petite et que l'on peut négliger sa troisième puissance devant l'unité.

Rappelons que les notations $\mathring{D}$, $\mathring{\Box}$ se rapportent à l'espace de Riemann admettant la métrique $\gamma_{\mu\nu}$.

avec $\beta = 4\mu^2 p|3$, $\beta = 0$, $\beta = \mu^2 m|3$ suivant le choix (1), (2) ou (3) du tenseur $R_{\mu\nu}$.

Dans chacun de ces cas, les équations maxwelliennes $\varphi_{\mu\nu\rho} = 0$ ne sont pas forcément vérifiées. On a, en effet :

(4) $$\mathring{D}^\rho \varphi_{\mu\nu\rho} = \mathring{\Box}\varphi_{\mu\nu} + (\partial_\mu f_\nu - \partial_\nu f_\mu) - \frac{4\lambda}{3}\varphi_{\mu\nu},$$

expression dont le second membre n'est pas nul, en général. Dans ces conditions le champ $\varphi_{\mu\nu}$ ne peut être assimilé au rotationnel d'un potentiel-vecteur. Par contre, il est toujours possible de l'exprimer en fonction d'un potentiel et d'un antipotentiel [2] :

(5) $$\varphi_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu + \mathring{D}^\rho A_{\mu\nu\rho}.$$

Les définitions

(6) $$\mathring{D}^\rho \varphi_{\mu\rho} = f_\mu, \qquad \varphi_{\mu\nu\rho} = \partial_\mu \varphi_{\nu\rho} + \partial_\rho \varphi_{\mu\nu} + \partial_\nu \varphi_{\rho\mu}$$

se traduisent alors par les équations de propagation

(7) $$\mathring{\Box} A_\mu = \lambda A_\mu - f_\mu + \partial_\mu A, \qquad \mathring{\Box} A_{\mu\nu\rho} = \lambda A_{\mu\nu\rho} + \varphi_{\mu\nu\rho} - \mathring{D}^\sigma A_{\mu\nu\rho\sigma},$$

tandis que (5), (8) et (9) conduisent à une équation de propagation qui n'est autre que (4).

Supposons maintenant que les quadrivecteurs courants soient proportionnels au potentiel et à l'antipotentiel. Posons [4]

(8) $$f_\mu = m\mu^2 A_\mu + \partial_\mu A, \qquad \varphi_{\mu\nu\rho} = n\mu^2 A_{\mu\nu\rho} + \mathring{D}^\sigma A_{\mu\nu\rho\sigma},$$

(4) se réduit à (3) en posant $\beta + m\mu^2 = -n\mu^2 = 2\lambda/3$.

On aura dans tous les cas la définition (5) du champ et les équations de propagation $\mathring{\Box} A_{\mu\nu\rho} = \lambda/3\, A_{\mu\nu\rho}$. On obtient en outre :

1° Pour $R^{(1)}_{\mu\nu}$ $\left(\beta = \frac{4p}{3}, \quad m = 0, \quad \partial^\rho \varphi_{\mu\rho} = 0\right)$: $\mathring{\Box}\varphi_{\mu\nu} - \frac{2\lambda}{3}(\partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu) = \frac{2\lambda}{3}\varphi_{\mu\nu}$.

2° Pour $R^{(2)}_{\mu\nu}$ $(\beta = 0, \quad m = -1, \ \partial^\rho \varphi_{\mu\rho} = f_\mu)$: $\mathring{\Box}\varphi_{\mu\nu} = \frac{2\lambda}{3}\varphi_{\mu\nu}$.

3° Pour $R^{(3)}_{\mu\nu}$ $\left(\beta = -\frac{\mu^2}{3}, \ m = -1, \ \partial^\rho \varphi_{\mu\rho} = f_\mu\right)$: $\mathring{\Box}\varphi_{\mu\nu} - \frac{\lambda}{6}(\partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu) = \frac{2\lambda}{3}\varphi_{\mu\nu}$.

1° Le choix $R^{(1)}_{\mu\nu}$ qui exige $D^\rho \varphi_{\mu\rho} = 0$ conduit à la relation $\beta = 4p/3 = 2\lambda/3$ si l'on admet la proportionnalité du courant au potentiel. En supposant $\Gamma_\mu = \Gamma^\rho_{\underset{\vee}{\mu\rho}} = 0$ (c'est-à-dire $p = 0$) comme on le fait habituellement, les équations

---

(2) *Cf.* B. KWAL, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 238.

(3) On pose $A = \mathring{D}^\mu A_\mu$ et $A_{\mu\nu\rho\sigma} = \mathring{D}_\mu A_{\nu\rho\sigma} - \mathring{D}_\sigma A_{\mu\rho\sigma} + \mathring{D}_\rho A_{\mu\nu\sigma} - \mathring{D}_\sigma A_{\mu\nu\rho}$.

(4) Les résultats ne sont pas changés avec $f_\mu = m\mu^2 A_\mu$ et $\varphi_{\mu\nu\rho} = n\mu^2 A_{\mu\nu\rho}$. Il en résulte $A_{\mu\nu\rho\sigma} = 0$ et $A = 0$ si $f_\mu \neq 0$. Mais (10) permet de définir une double invariance de jauge, car (5) et (6) ne changent pas si l'on change A_μ en $A'_\mu + \partial_\mu K$ et $A_{\mu\nu\rho}$ en $A_{\mu\nu\rho} + \mathring{D}^\sigma K_{\mu\nu\rho\sigma}$ à condition de poser $\mathring{\Box} K = -m\mu^2 K$, $\mathring{\Box} K_{\mu\nu\rho\sigma} = n\mu^2 K_{\mu\nu\rho\sigma}$. Dans le cas $R^{(1)}_{\mu\nu}$, $m = 0$ et $\mathring{\Box} K = 0$. On a alors $A' = A$ qu'on peut choisir arbitrairement nul.

ne sont compatibles avec l'hypothèse d'un espace à courbure constante vérifiant (2) que s'il est strictement euclidien. Poser $\Gamma_\mu = 0$ conduit donc à s'affranchir de l'hypothèse (2) et à admettre $R_{\mu\nu} = 0$.

2° Le choix $R^{(2)}_{\mu\nu}$ ou $R^{(3)}_{\mu\nu}$ qui entraîne $\mathring{D}^\rho \varphi_{\mu\rho} = f_\mu$ conduit à poser

$$(9) \qquad \mu^2 = -\frac{2\lambda}{3} \quad \text{ou} \quad \mu^2 = -\frac{\lambda}{2},$$

si l'on admet la proportionnalité (10). En posant $\mu = 2\pi\mu_0 c/h$, μ_0 a l'ordre de grandeur qu'on peut s'attendre à rencontrer ($\mu_0 \simeq 10^{-64}$ g si $\lambda = -(3/R^2)$ et $R = 10^{27}$ cm).

3° Les équations précédentes se réduisent aux équations maxwelliennes si $\varphi_{\mu\nu\rho} = 0$. On a

$$(10) \qquad \varphi_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu, \qquad \mathring{D}^\sigma A_{\mu\nu\rho\sigma} = \frac{2\lambda}{3} A_{\mu\nu\rho}.$$

Suivant le choix (1), (2) ou (3), on obtiendra les équations de propagation

$$\mathring{\Box}\, \varphi_{\mu\nu} = \frac{4\lambda}{3} \varphi_{\mu\nu}, \qquad \mathring{\Box}\, \varphi_{\mu\nu} = \frac{2\lambda}{3} \varphi_{\mu\nu} \qquad \text{ou} \qquad \mathring{\Box}\, \varphi_{\mu\nu} = \frac{5\lambda}{6} \varphi_{\mu\nu}.$$

Les premières sont les équations de propagation d'un champ maxwellien dans un espace à courbure constante ([5]). Si $\lambda \neq 0$, l'hypothèse $\varphi_{\mu\nu\rho} = 0$ [qui avec le choix (1) entraîne $\mathring{\Box}\, \varphi_{\mu\nu} = (4\lambda/3)\varphi_{\mu\nu}$] ne peut subsister si $\Gamma_\mu = 0$ [qui exigerait $\mathring{\Box}\, \varphi_{\mu\nu} = (2\lambda/3\, \varphi_{\mu\nu})$]. Autrement dit, les équations de Maxwell (et plus généralement $\mathring{D}^\rho \varphi_{\mu\nu\rho} = 0$) ne peuvent résulter du choix $R^{(1)}_{\mu\nu}$ si l'on a simultanément $\lambda \neq 0$ et $\Gamma_\mu = 0$. Au contraire avec les choix (2) ou (3), les équations sont indépendantes de Γ_μ qu'on peut supposer nul sans rien changer à la théorie.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur la matrice caractéristique des alternateurs polyphasés à vitesse constante.* Note (*) de M. **Émile Pillet**, présentée par M. Georges Darrieus.

Perfectionnement à une théorie des alternateurs polyphasés permettant de tenir compte de la présence de pôles saillants. Propriétés particulières correspondantes d'un amortissement optimum.

Les calculs exposés dans une Note précédente ([1]) supposaient implicitement une machine à entrefer constant et où l'amortisseur est assimilable à une cage d'écureuil complète. Il est possible de les étendre au cas des machines à pôles saillants, où l'amortisseur doit être décomposé en deux éléments respecti-

([5]) *Cf.* Eddington, *Relativitätstheorie*, 1925, p. 261.

(*) Séance du 23 juillet 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 384.

vement longitudinal et transversal, mais où nous continuerons à supposer que la force électromotrice à vide est rigoureusement sinusoïdale.

La théorie classique de la double réaction permet de compléter les équations précitées.

L'inductance propre d'une phase de l'induit contient maintenant un terme périodique de pulsation $2\omega_r$, il en est de même pour les inductances mutuelles entre phases.

Les calculs, analogues à ceux de la Note précédente, conduisent à remplacer le système d'équation (III) de cette Note par un autre plus complet traduisible par la matrice fondamentale suivante, où θ est un coefficient numérique, inférieur à 1, qui caractérise l'influence des pôles saillants; pour un turbo-alternateur, il faut faire $\theta = 0$.

	X_{d_+}	X_{i_-}	x_e	$\mathfrak{X}_l$	$\mathfrak{X}_t$
Y_{d_+}...	$R_d + (p + j\omega_r)\mathcal{L}_a$	$(p + j\omega_r)\theta\mathcal{L}_a\varepsilon^2$	$\frac{1}{2}(p + j\omega_r)\mu\varepsilon$	$\frac{1}{2}(p + j\omega_r)\mathcal{M}_l\varepsilon$	$-\frac{1}{2}j(p + j\omega_r)\mathcal{M}_t\varepsilon$
Y_{i_-}...	$(p - j\omega_r)\theta\mathcal{L}_a\varepsilon^{-2}$	$\mathcal{R}_a + (p - j\omega_2)\mathcal{L}_a$	$\frac{1}{2}(p - j\omega_r)\mu\varepsilon^{-1}$	$\frac{1}{2}(p - j\omega_2)\mathcal{M}_l\varepsilon^{-1}$	$\frac{1}{2}j(p - j\omega_r)\mathcal{M}_t\varepsilon^{-1}$
y_e.....	$\frac{3}{2}p\mu\varepsilon^{-1}$	$\frac{3}{2}p\mu\varepsilon^{+1}$	$R_e + pL_e$	$p\mu_l$	–
$\mathcal{Y}_l$.....	$\frac{3}{2}p\mathcal{M}_l\varepsilon^{-1}$	$\frac{3}{2}p\mathcal{M}_l\varepsilon^{+1}$	$p\mu_l$	$R_l + pL_l$	–
$\mathcal{Y}_i$.....	$\frac{3}{2}jp\mathcal{M}_t\varepsilon^{-1}$	$-\frac{3}{2}jp\mathcal{M}_t\varepsilon^{+1}$	–	–	$\mathcal{R}_t + pL_t$

Conséquences. — L'état de charge de la machine se traduit par deux autres relations, respectivement entre X_d et Y_d d'une part, X_i et Y_i d'autre part, fonctions du circuit de charge.

Le système complet conduit alors à des équations fonctionnelles, en général non résolubles, sauf dans les cas particuliers importants suivants :

1° *Charge équilibrée.* — *En régime permanent,* la tension en charge reste sinusoïdale et l'on est conduit au diagramme classique de Blondel ([2]).

En régimes transitoires, il est possible d'améliorer les formules classiques donnant les constantes de temps.

2° *Amortissement harmonique.* — Dans le calcul des X_d et X_i, en fonction des Y, les équations cessent d'être fonctionnelles si un certain déterminant mineur est identiquement nul, ce qui impose certaines relations entre les constantes des circuits d'excitation et d'amortissement : c'est l'*amortissement harmonique* ou *linéaire*.

En toute rigueur cela exige $\theta = 0$; mais, pour les alternateurs à pôles saillants, il est possible de définir un amortissement qui ait pratiquement les mêmes propriétés (*amortissement optimum*)

([2]) Contrairement aux conclusions de V. Karapétoff, (*Journal of A. I. E. E.*, 1926, p. 665).

Dans les conditions d'amortissement optimum, tous les détails mathématiques du fonctionnement de la machine sont accessibles. Même sur un réseau déséquilibré les tensions en charge restent sinusoïdales en régime permanent.

Par contre, dans le cas contraire, l'étude rigoureuse de la machine reste impossible.

En particulier, l'alternateur ne peut pas être assimilé à une simple combinaison d'impédances. On comprend alors les divergences qui apparaissent entre les différentes définitions possibles de *l'impédance inverse*; divergences qui n'existent pas avec l'amortissement optimum.

MINÉRALOGIE. — *Reproduction expérimentale de la forme hexagonale de la domeykite, en milieu liquide.* Note de MM. **René Weil** et **Raymond Hocart**, transmise par M. Charles Mauguin.

La glycérine permet de réaliser des synthèses minérales en milieu liquide, à la pression ordinaire, à des températures où les solutions aqueuses ne peuvent être utilisées que sous pression. La forme hexagonale de la domeykite, stable au-dessus de 225°, a été obtenue en cristaux capillaires, par réaction d'As_2S_3 dissous sur le cuivre métallique.

Nous nous sommes proposé d'utiliser la propriété que possède la glycérine de dissoudre de nombreux sels pour effectuer des synthèses minérales à des températures comprises entre 100 et 290°C (température d'ébullition de la glycérine), à la pression atmosphérique. En particulier, les expériences faites sous pression par de Sénarmont peuvent être reprises par cette méthode.

L'orpiment, As_3S_3, est lentement mais nettement soluble dans la glycérine, à partir de 100°. Il est difficile de déterminer exactement cette solubilité, car elle est accompagnée d'une désulfuration, conduisant à la formation de réalgar, moins soluble que l'orpiment. Cette désulfuration, en présence de métaux ou de divers sels, même très peu solubles, peut aller jusqu'à la précipitation d'arsenic pulvérulent, susceptible d'entrer à son tour en réaction.

Nous donnons, à titre d'exemple, ce qui se produit avec le cuivre métallique (tournure de Cu pure) : 3 g de Cu et 1 g d'orpiment de Karaïdine (Balia), Asie Mineure, en présence de 30 g de glycérine sont chauffés à 250° pendant 200 h en tube de verre scellé (pour éviter l'oxydation par l'air). Le cuivre noircit très rapidement et l'orpiment disparaît graduellement. Après ouverture du tube, lavage à l'alcool et séchage, on observe, de plus, de petites touffes de cristaux capillaires gris d'acier, incrustés sur la tournure. La longueur est nettement inférieure à 1 mm et le petit côté est de l'ordre du 1/100 de mm.

Le diagramme de poudres révèle comme phase cristalline dominante une phase hexagonale du type Cu_3As dont les paramètres

$$a_0 = 7,15\,\text{Å}, \qquad c_0 = 7,16\,\text{Å} \qquad (K_\alpha Cu = 1,542)$$

sont un peu différents de ceux de Machatschki [1]

$$a_0 = 7,20, \quad c_0 = 7,48,$$

mais très voisins de ceux identifiés par Steenberg [2]

$$a_0 = 7,088, \quad c_0 = 7,232.$$

(En quantité subordonnée, il se manifeste de la chalcosine orthorhombique, Cu_2S.)

Ces auteurs ont opéré, soit sur le produit de la fusion de la domeykite naturelle cubique, soit selon les méthodes de König et de Ramsdell [3] sur le corps produit à partir des constituants, par voie sèche, vers 500°; l'appartenance au système hexagonal des cristaux obtenus par König avait déjà été reconnue goniométriquement par Wright [4].

De plus Steenberg a montré, par recuit pendant une semaine à 225°, que la phase cubique subit une transformation monotrope en la phase hexagonale à la pression ordinaire; (par contre, sous une pression de 500 kg : cm² entre 350 et 400°, Bolfa, Pastant et Roubault [5] ont obtenu la phase cubique de la domeykite). C'est précisément un peu au-dessus de cette température de 225° que la production de la phase hexagonale a eu lieu dans les conditions expérimentales que nous décrivons.

Il ne s'est formé aucun sulfoarséniure décelable par les rayons X.

Ce mode de formation à basse température de la domeykite paraît plus conforme aux conditions naturelles que les procédés de voie sèche et montre que cette espèce peut prendre naissance, comme l'avait soupçonné Magnusson [6], autrement que par action directe de l'arsenic métallique sur le cuivre.

CHIMIE VÉGÉTALE — *Sur l'akuammigine et l'akuammicine.*

Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

T. Anderson Henry a isolé, des graines de *Picralima nitida* (Stapf) Th. et H. Durand, 8 alcaloïdes : l'akuammine, l'akuammidine, l'akuammiline, l'akuammigine, la pseudo-akuammigine, l'akuamménine, l'akuammicine et la

---

(1) *Centralbl. f. Min. Geol. u. Paläont. Abt. A.*, 1930, p. 19-37.

(2) *Ark. f. Kemi. Min. o. Geol.* Bd., 12 A, n° 26, 1938, p. 1-15.

(3) *Z. f. Krist.*, 38, 1904, p. 529-544; *Am. Min.*, 14, 1929, p. 188-196.

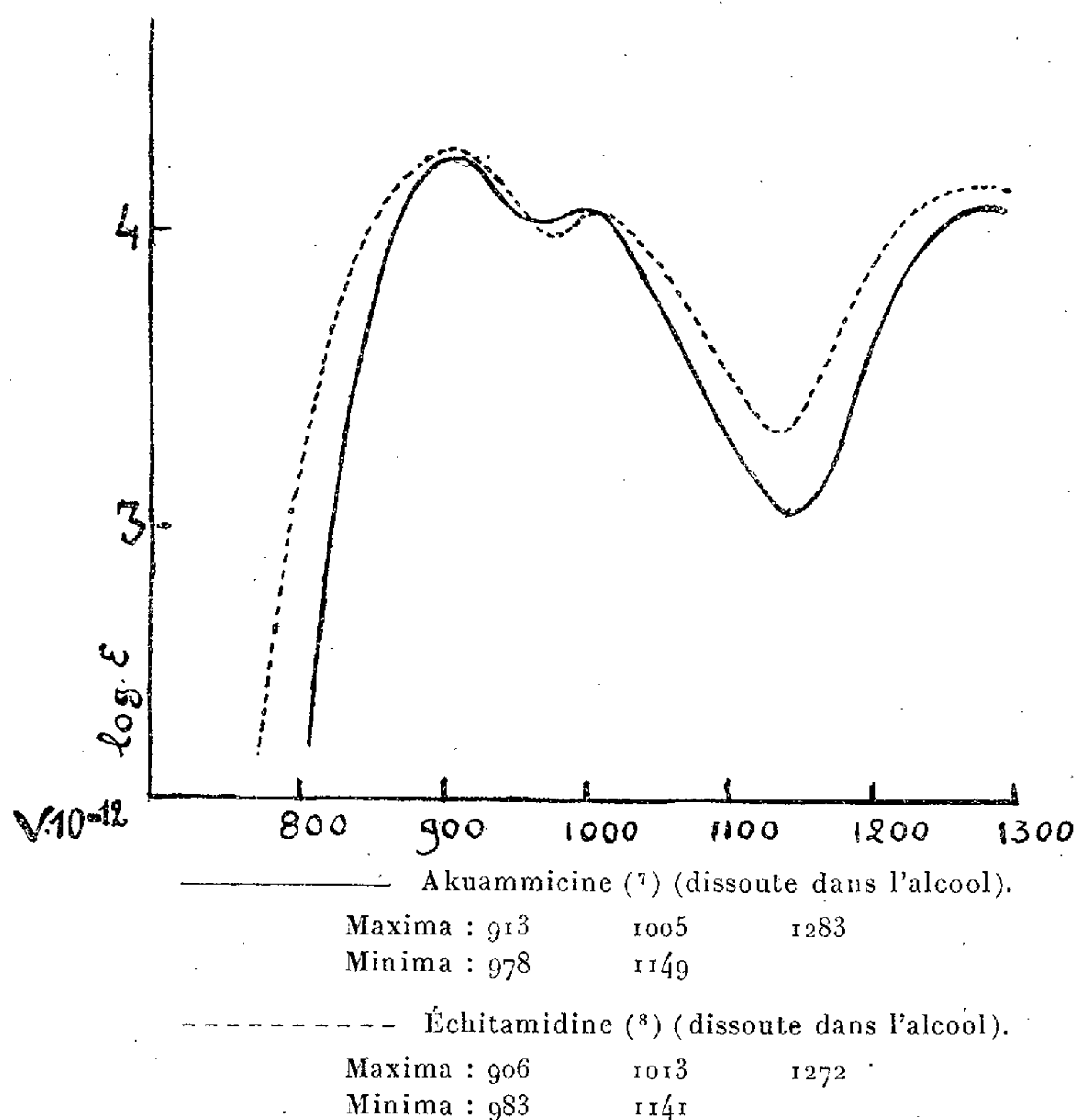
(4) *Z. f. Krist.*, 38, 1904, p. 544-554.

(5) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 103.

(6) *Sveriges Geol. Undersökn.*, 23, 1930, p. 62.

pseudo-akuammicine qu'il a fort bien caractérisés [1] mais qu'il a jusqu'ici toujours rangés parmi les bases de constitution inconnue [2].

Nous avons déjà pu montrer : 1° que l'akuammidine appartient au même type chimique que la yohimbine dont elle paraît être le dérivé didyhydrogéné [3]; 2° que l'akuammine et la pseudo-akuammigine trouvent leur place dans le groupe des alcaloïdes indoliniques [4]; 3° que la constatation des mêmes différences entre la formule brute et le spectre d'absorption ultraviolet, d'une part de la corynanthine et de la corynanthéine, d'autre part de l'akuammidine et de l'akuammigine, conduirait à admettre que d'identiques analogies existent entre l'un et l'autre des alcaloïdes de chacune de ces deux séries si l'on ne savait que la corynanthéine est pourvue de deux méthoxyles alors que l'akuammigine n'en possède qu'un seul [5]. La découverte que nous avons faite [6] d'un



——— Akuammicine [7] (dissoute dans l'alcool).

Maxima : 913 1005 1283
Minima : 978 1149

- - - - - Échitamidine [8] (dissoute dans l'alcool).

Maxima : 906 1013 1272
Minima : 983 1141

---

(1) *J. of the chem. Soc.*, 1927, p. 1950; 1932, p. 2759.
(2) T. ANDERSON HENRY, *The Plant Alkaloids*, 4e édition, London 1949, p. 759-761.
(3) *Thèse doct. Méd.*, Paris, 1944.
(4) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1183.
(5) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 700.
(6) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2354.
(7) Préparée par F. Anderson Henry.
(8) Préparée par Goodson.

nouveau type d'alcaloïdes à la fois monométhoxylés et apparentés à la corynanthéine nous permet aujourd'hui de rapprocher l'akuammigine non pas de la corynanthéine mais de la mayumbine.

Ainsi donc les quatre alcaloïdes des graines de *Picralima nitida* (Stapf) Th. et H. Durand appartiennent à trois types chimiques différents. L'akuammicine, que nous venons d'étudier, se range dans un quatrième type.

Le spectre d'absorption ultraviolet de l'akuammicine que nous reproduisons ici est tout à fait différent de celui des quatre alcaloïdes déjà étudiés, mais il se rapproche tellement de celui de l'échitamidine isolée par Goodson ([9]) des *Alstonia congensis* Englet et *A. scholaris* R. Br. qu'on peut admettre que le groupement chromogène de l'akuammicine est le même que celui de l'échitamidine. Ajoutons que ces deux bases se font l'une et l'autre remarquer par leur très fort pouvoir rotatoire lévogyre dans l'alcool : — 737°,5 pour l'akuammicine, — 515° pour l'échitamidine.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Capparidacées. Développement de l'embryon chez le* Cleome graveolens *Rafin.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

L'embryon du *Cleome graveolens* se rattache au type fondamental du *Myosurus minimus*. Les variations nombreuses qu'il présente, tant dans le mode de différenciation de l'hypophyse, que dans les vitesses de segmentation des cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire, en font un type intéressant de transition entre les *Myosurus* et le sous-archétype du *Capsella Bursa-pastoris*.

Il n'existe, sur l'embryogénie des Capparidacées, rien de précis ([1]). D'après T. S. Raghavan ([2]), l'embryon du *Cleome Chelidonii* Linn. fil. se rattacherait au type du *Capsella Bursa-pastoris*. Le développement de l'embryon, chez le *Cleome graveolens*, obéit à des lois fondamentalement identiques, mais offre toutefois des particularités d'un intérêt réel, qui permettent de séparer cette espèce, tout aussi bien de l'archétype du *Myosurus minimus* L. que du type secondaire du *Capsella* ([3]).

Chez le *C. graveolens*, comme chez toutes les espèces qui se rattachent au mégarchétype IV, la cellule basale du proembryon bicellulaire donne uniquement naissance aux initiales de l'écorce au sommet radiculaire, à l'assise calyptrogène et au suspenseur; la

---

([9]) *J. of the chem. Soc.*, 1932, p. 2626.

([1]) D. A. Johansen, *Plant Embryology. Embryogeny of the Spermatophyta* (*Chronica bot.*, Waltham, Mass. U. S. A., 1950, p. 142).

([2]) *Journ. linn. Soc. London Bot.*, 51, 1937, p. 3.

([3]) R. Souèges, *Embryogénie et Classification* (3e fasc., partie spéciale : première période du système), Paris, 1948.

cellule apicale est à l'origine de la partie cotylée *sensu lato* et de la partie hypocotylée, soit de la presque totalité du corps embryonnaire. La cellule apicale et la cellule basale peuvent conserver aussi longtemps que chez le *Myosorus* une vitesse égale de segmentation; le proembryon de troisième génération, correspondant au stade des quadrants, comprend parfois huit cellules, disposées en quatre étages (*fig.* 3) et le proembryon de quatrième géné-

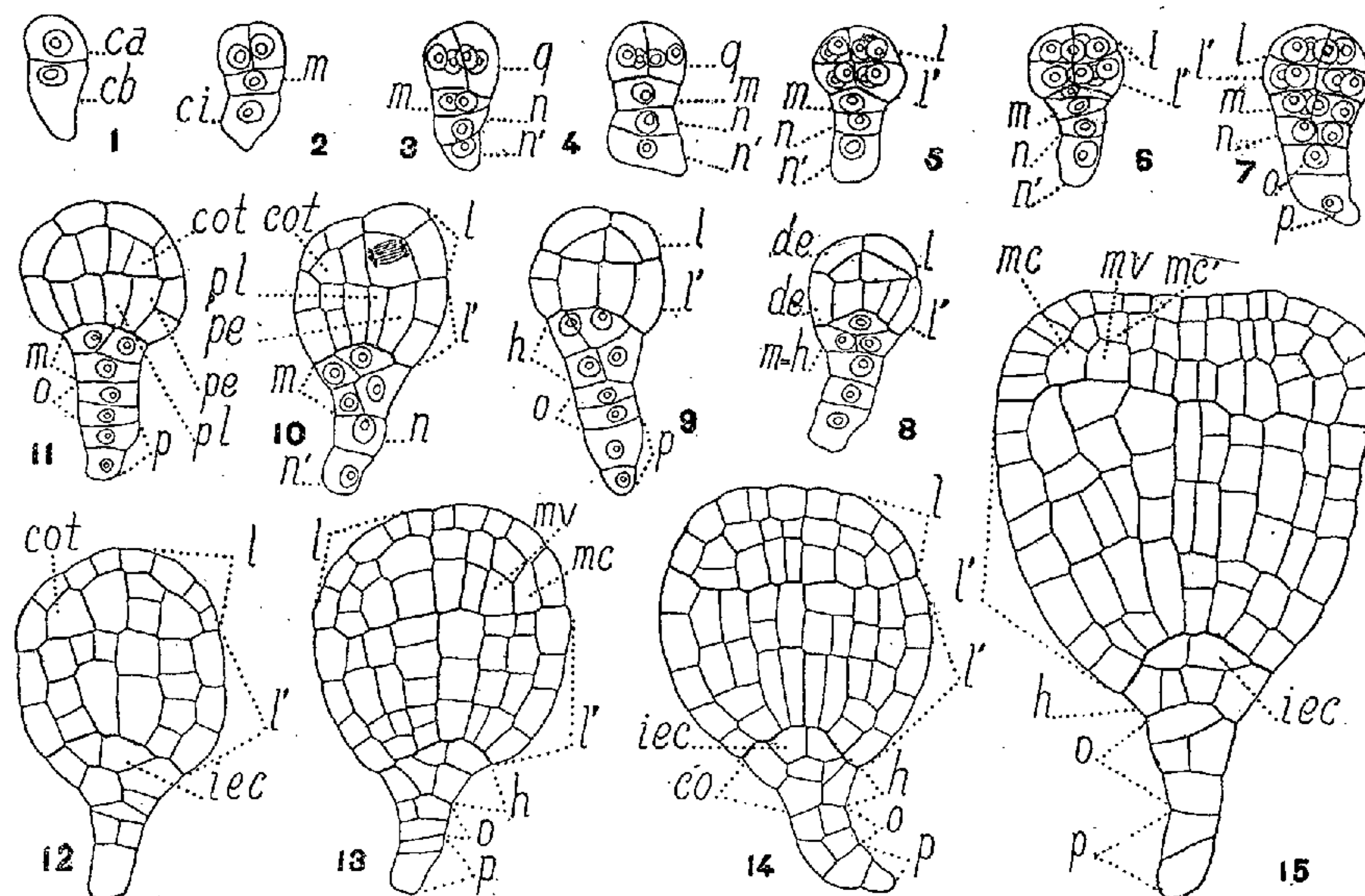


Fig. 1 à 15. *Cleome graveolens* Rafin. — Développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire et, *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *q*, quadrants; *n*, cellule-fille supérieure et *n'*, cellule-fille inférieure de *ci*; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée *sensu lato*; *l'*, octants inférieurs ou partie hypocotylée; *o*, cellule-fille supérieure et *p*, cellule-fille inférieure de *n'*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *h*, hypophyse; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *co*, portion centrale de la coiffe; *cot*, cellule-mère du cotylédon; *mc* et *mc'*, méristème cortical externe et interne du cotylédon; *mv*, cellule-mère du plérome cotylédonaire. G. = 370.

ration, correspondant au stade des octants, comprend, parfois encore, seize cellules, disposées en six étages (*fig.* 7). Dans ces formes, la cellule apicale et la cellule basale ont donné naissance, chacune, à la moitié des éléments constitutifs du sporophyte; l'élément intermédiaire *m* de la tétrade se divise verticalement, dès le stade des quadrants, puis, au stade des octants, le même élément a produit quatre cellules situées à un même niveau. Ce sont ces cellules qui donnent naissance, par cloisonnement tangentiel, aux initiales de l'écorce de la racine et aux initiales de la portion centrale de la coiffe. Cependant, la paroi qui divise initialement la cellule *m* est le plus souvent oblique (*fig.* 6, 9 et 10); elle s'appuie en partie sur les cloisons latérales du dermatogène de l'hypocotyle ou sur les parois inférieures des octants, en partie sur la membrane périphérique du suspenseur (*fig* 6, 9 et 10). Dans ces embryons, la cellule basale n'a fourni encore que trois éléments, ce qui indique une vitesse de segmentation déjà très réduite au stade des octants. Enfin, il peut arriver que l'individualisation de l'hypophyse se fasse par une cloison horizontale, en forme de verre de montre, s'appuyant en totalité, sur les parois latérales du dermatogène, processus identique à celui qui caractérise les embryons du type *Capsella*; ce mode de différenciation s'accompagne, comme précédemment, d'un ralentissement très marqué des segmentations

au niveau des éléments issus de la cellule basale (*fig.* 8). Que la cloison qui se différencie initialement dans la cellule *m* soit verticale, oblique ou horizontale en forme de verre de montre, elle est caractéristique, toujours, de l'identification directe de l'hypophyse à partir de cet élément. Dans certains cas, la cellule *m* peut se diviser par une paroi transversale s'appuyant uniquement sur la membrane périphérique du suspenseur; c'est alors la cellule-fille supérieure de *m* qui donne naissance à l'hypophyse (*fig.* 2).

Il est possible de rapprocher certaines formes du *Cleome graveolens* de celles du *Myosurus minimus*, dont elles ne diffèrent que par le cloisonnement tangentiel des octants. D'autres formes sont très voisines de celles du *Capsella Bursa-pastoris*, ce qui confirme la parenté des Crucifères et des Capparidacées, mais elles n'en ont pas le suspenseur filamenteux. En outre, chez le *Cleome*, l'hypophyse se différencie, dans la généralité des cas, directement aux dépens de la cellule intermédiaire de la tétrade, particularité que présente également le *Reseda Luteola* L., proche, dans les classifications usuelles, des Capparidacées. Par le mode d'individualisation de l'hypophyse et, surtout, par la séparation directe du dermatogène, par cloisons périclines dans les octants, les *Cleome*, comme les Crucifères, se rattachent à un type assez évolué, dérivé de l'archétype. Il faut faire remarquer encore que les *Cleome* sont particulièrement riches en cas de transition, que présentent également, mais à titre exceptionnel, le *Reseda Luteola* ([4]) et l'*Œnothera biennis* ([5]). Enfin, le suspenseur du *C. graveolens* reste court et massif; il est très différent de celui que Mauritzon ([6]) décrit chez le *Polanisia* (*Cleome*) *trachysperma*.

Ces observations, venant s'ajouter à celles de Raghavan, permettent de mieux définir les caractères embryologiques des Capparidacées.

La séance est levée à 15 h 25 mn.

L. B.

([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 910.
([5]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 946.
([6]) *Arkiv f. Bot.*, 21 A, 1935, n° 1511-1514.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 SEPTEMBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE. — *Les effets hypotenseurs et anaphylactisants des extraits de physalie.* Note de MM. **Léon Binet**, **Mejer Burstein** et **Robert Lemaire**.

Il y a exactement cinquante ans, au cours d'une croisière scientifique qui a duré du 5 juillet au 13 septembre 1901, et qui s'est effectuée le long des côtes Africaines, au large des Iles du Cap Vert, sur le yacht « La Princesse Alice » dirigé par le Prince Albert Ier de Monaco, Charles Richet et Paul Portier effectuaient les premières expériences qui devaient être à l'origine de la découverte de l'anaphylaxie (1). Nous avons pensé qu'il était de notre devoir de souligner actuellement cet anniversaire.

Avec les mêmes procédés d'extraction (macération pendant 48 heures dans l'eau glycérinée) et le même matériel biologique (filaments pêcheurs de *Physalia Pelagica* recueillis devant Dakar), employés par Richet et Portier, nous avons réalisé un extrait glycériné dont les effets anaphylactisants et dont le pouvoir toxique ont été étudiés.

1° Chez le Chien chloralosé (chien neuf), l'injection intra-veineuse de ce produit a provoqué une hypotension artérielle de l'ordre de 4 cm de Hg. Après traitement antihistaminique (phénergan), la même injection n'a déterminé aucune réaction tensionnelle.

2° Six cobayes (d'un poids de 400 à 500 g), ayant été préalablement sensibilisés au moyen d'une injection intra-péritonéale de 2 cm³ d'extrait, ont reçu, trois semaines plus tard, une injection déchaînante intra-veineuse de 1 cm³.

---

(1) *Comptes rendus*, 134, 1902, p. 267 et *Résultats des campagnes scientifiques accomplies, sur son yacht, par Albert Ier*, fasc. 95, 1936.

Cinq de ces animaux ont présenté les signes d'un choc. Deux d'entre eux sont morts en quatre minutes alors que des cobayes neufs, non préparés, ont aisément supporté cette injection.

Ainsi les extraits de *Physalia Pelagica* ont un pouvoir toxique, hypotenseur et un effet anaphylactisant qui sont indiscutables.

IMMUNOLOGIE. — *Allergie à la tuberculine provoquée chez les animaux de l'espèce bovine, par l'injection de bacilles tuberculeux rendus anavirulents par l'action du formol et de la chaleur et mis en suspension dans l'hydroxyde d'aluminium. Conséquences.* Note de MM. **Gaston Ramon, Robert Debré, Rémy Richou, Lucien Costil, Jean-Pierre Thiéry**, et **Claude Gerbeaux.**

Depuis plusieurs années déjà nous poursuivons des recherches sur l'allergie et l'immunité dans la tuberculose ([1]).

Nous avons effectué dernièrement chez des animaux de l'espèce bovine l'expérience suivante qui est l'aboutissement d'une longue série d'essais ([2]).

Dans cette expérience, nous nous sommes servis comme antigène, de bacilles tuberculeux d'origine humaine. Les cultures ont été effectuées en milieu Sauton dans des ballons renfermant 150 cm³ de ce milieu. Après un mois de végétation, le liquide surnageant les germes tombés au fond du ballon, est enlevé et remplacé par 50 cm³ d'eau physiologique, formolée dans la proportion de 0,2 cm³ de la solution commerciale d'aldéhyde formique pour 100 cm³ d'eau. Les ballons sont alors mis à l'étuve à 40° pendant huit jours; au sortir de l'étuve, ils sont chauffés au bain-marie à la température de 60° durant une demi-heure et gardés ensuite, jusqu'à leur utilisation, à la chambre froide (+ 4°). On s'assure, entre temps, par des essais de culture sur des milieux appropriés et par inoculation au cobaye, que les bacilles ainsi soumis à l'action du formol et de la chaleur ont perdu toute vitalité et toute virulence et qu'ils sont bien devenus « anavirulents ».

Douze animaux de l'espèce bovine (race bretonne) présentant une épreuve négative à la tuberculine sont répartis en quatre lots.

Chacun des animaux du *premier lot* : n°s 977-978 et 979 reçoit approximativement 50 cg de germes tuberculeux anavirulents (pesés humides) préparés comme il est indiqué ci-dessus, sous le volume de 20 cm³ d'eau physiologique.

([1]) *Voir*, à ce sujet, les exposés de l'un de nous : G. Ramon, *Revue d'Immunologie et de thérapie antimicrobienne*, 15, 1951, p. 68 et *Bulletin Off. International des Épizooties*, 35, 1951, p. 113. Dans ces exposés, un programme de recherches est tracé dont le présent travail constitue la première réalisation; on y trouvera en outre une bibliographie importante des questions traitées.

([2]) Demeurés jusqu'ici inédits.

Pour les animaux du *second lot* : n[os] 968, 975 et T, les 50 cg de germes sont mélangés à 20 cm³ d'un produit dit « retard » (employé dans la pénicillinothérapie), à base de gélatine et de pectine.

Les animaux du *troisième lot* : n[os] 954, 957 et 948 reçoivent les 50 cg de bacilles anavirulents en suspension dans 20 cm³ d'un mélange d'eau physiologique (20 parties) et d'hydroxyde d'aluminium (50 parties) de même constitution que celui ordinairement utilisé pour la préparation du vaccin anti-aphteux (S. Schmidt).

Enfin à titre de comparaison, les animaux du *quatrième lot* sont vaccinés au moyen du B. C. G., à la dose habituelle de 10 cm³ d'une suspension fraîchement préparée.

Les inoculations sont faites dans le tissu conjonctif sous-cutané, en avant de l'épaule.

Dans les jours qui suivent, une réaction locale apparaît à l'endroit d'inoculation, atteignant chez certains animaux la grosseur d'un œuf de poule et même du poing. Dans chaque lot, cette réaction nodulaire varie d'un sujet à l'autre; parfois l'un des animaux ne présente qu'un petit nodule, pendant que chez les deux autres le nodule est nettement plus gros. Il semble que la réaction locale ait tendance à augmenter de volume chez les animaux qui, comme nous allons l'indiquer, deviennent sensibles à la tuberculine.

Deux semaines exactement après l'inoculation, tous les bovidés de cette expérience sont soumis à l'épreuve tuberculinique par voie intradermique au niveau du pli sous-caudal, selon la technique usuelle.

Les résultats de cette épreuve sont enregistrés en un tableau.

	N° des animaux.	Épreuve tuberculinique.		N° des animaux.	Épreuve tuberculinique.
Premier lot : bacilles anavirulents en eau physiologique.	977...	—	Troisième lot : bacilles en hydroxyde d'aluminium.	954...	+
	978...	—		957...	+++
	979...	—		948...	+++
Deuxième lot : bacilles en produit « retard ».	968...	—	Quatrième lot : B. C. G.	980...	++
	975...	—		981...	++
	T ...	—		982...	+++

—, épreuve négative; +, épreuve positive de faible intensité; ++, épreuve positive de moyenne intensité; +++, épreuve positive de forte intensité.

A l'examen de ce tableau, on constate que seuls les animaux du 3ᵉ lot qui ont reçu des bacilles tuberculeux « anavirulents » en suspension dans l'hydroxyde d'aluminium et ceux du 4ᵉ lot qui ont été vaccinés à l'aide du B. C. G. présentent dès le quinzième jour après l'inoculation une réaction positive à la tuberculine, de plus ou moins grande intensité. Par contre, chez les animaux soumis à l'injection de bacilles anavirulents en eau physiologique ou « enrobés » dans le complexe de gélatine et de pectine, la réaction tuberculinique est au même moment, négative.

Ainsi, *des bacilles tuberculeux dont la virulence et la vitalité ont été complètement annihilées par l'action conjuguée du formol et de la chaleur* (selon la méthode

générale de préparation des anatoxines et des anavaccins) et qui ont été mis ensuite en suspension dans un gel d'hydroxyde d'aluminium, se montrent bien capables de provoquer chez des bovidés, l'*allergie à la tuberculine* et cela dans le même temps et avec sensiblement la même intensité ([3]), que des bacilles tuberculeux *vivants et de virulence très atténuée* (B. C. G.). L'hydroxyde d'aluminium regardé jusqu'ici comme un *excellent adjuvant de l'immunité* conférée par les anatoxines, les anavirus (vaccin anti-aphteux) par exemple, etc., apparaît donc dans notre expérience comme un *stimulant énergique du pouvoir allergisant* des bacilles tuberculeux anavirulents.

On doit se demander maintenant si l'apparition de cette allergie à la tuberculine chez les animaux soumis à l'injection de bacilles tuberculeux « anavirulents » et dont la fonction allergisante se manifeste si précocement et d'une façon si intense du fait de leur introduction dans un gel d'hydroxyde d'aluminium, *traduit ou non un état de résistance de ces animaux à l'infection tuberculeuse.*

Dans la négative, le principe généralement admis en médecine humaine qui veut qu'un individu réagissant à la tuberculine, à la suite de l'injection d'un antigène tel que le B. C. G., est prémuni contre la tuberculose, principe sur lequel repose actuellement la prophylaxie spécifique de cette maladie chez l'Homme, se révélerait entaché d'erreur ou tout au moins serait inapplicable au cas de l'espèce bovine.

Dans l'affirmative, les bacilles rendus « anavirulents » par le formol et la chaleur et « stimulés » dans leurs propriétés grâce à leur mélange avec l'hydroxyde d'aluminium avant leur injection aux animaux, pourraient être considérés comme jouant à la fois le rôle d'allergène et celui d'immunogène.

La poursuite de nos recherches et spécialement la mise en œuvre de l'épreuve, par des bacilles de Koch pleinement virulents, des animaux de l'expérience présente, permettront sans doute de trancher cette question d'un grand intérêt dogmatique et pratique ([4]).

([3]) Signalons ici que dans des expériences encore inédites, des bacilles tuberculeux rendus eux aussi « anavirulents », puis mis en émulsion dans un mélange de lanoline et d'huile de paraffine n'avaient provoqué, chez des bovidés, qu'une réaction à la tuberculine beaucoup moins précoce et nettement moins intense.

([4]) On doit également se demander quel est l'effet des proportions différentes de cultures bacillaires anavirulentes de diverses sortes et d'hydroxyde d'aluminium et aussi quelle est l'influence sur le B. C. G. et sur ses propriétés, de son incorporation dans un gel d'hydroxyde d'aluminium avant son injection sous-cutanée ou intradermique ou avant son application en scarifications, etc. Tels sont parmi divers objets d'étude en ce domaine, ceux actuellement soumis à notre expérimentation.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Bibliothèque de philosophie contemporaine fondée par Félix Alcan. *L'œuvre mathématique de G. Desargues. Textes publiés et commentés avec une introduction biographique et historique*, par René Taton et *L'Œuvre scientifique de Monge*, par M. René Taton (présentés par M. L. de Broglie au nom de M. J. Pérès).

TOPOLOGIE. — *Sur la cohomologie des espaces homogènes des groupes de Lie compacts.* Note de M. **Armand Borel**, transmise par M. Jacques Hadamard.

Le n° 1 donne deux anneaux spectraux relatifs aux espaces fibrés principaux et aux espaces homogènes. Le n° 2 et le n° 3 contiennent quelques résultats particuliers, concernant surtout le quotient d'un groupe par un sous-groupe de même rang. Le n° 4 apporte une précision au théorème de Hopf sur la cohomologie des groupes de Lie.

Nous conservons les notations d'une Note antérieure [1], sauf que nous désignons par E_G au lieu de $E(n, G)$ un espace universel pour le groupe de Lie compact G et pour la dimension n, lorsque n, simplement supposé assez grand, ne joue pas de rôle particulier; de même sa base sera notée B_G. Si U est un sous-groupe fermé de G, nous entendons par sous-anneau caractéristique de $H(G/U, A)$ son sous-anneau caractéristique en tant que base de G, espace fibré principal de fibre U.

1. *Deux anneaux spectraux.* — Soit (X, Y, U) un espace fibré principal localement compact de fibre le groupe de Lie compact U; l'espace $(E_U, X)_U$, quotient de $E_U \times X$ par la relation d'équivalence $(s, t) \approx (u.s, u.t)$ où $u \in U$, $s \in E_U$, $t \in X$, admet deux fibrations, l'une de base Y et de fibre E_U à cohomologie triviale, l'autre de base B_U et de fibre X. D'où :

Théorème 1. — *Soit* (X, Y, U) *un espace fibré principal localement compact de fibre le groupe de Lie compact* U. *Alors il existe un anneau spectral dans lequel* $H_1 = H(B_U, H(X, A))$ *et qui se termine par l'anneau gradué associé à* $H(Y, A)$ *convenablement filtré.*

Remarques. — 1. Si U n'est pas connexe, il n'agit pas toujours trivialement sur $H(X, A)$; dans ce cas, H_1 désigne l'anneau de cohomologie de B_U à coefficients dans le système local formé par les anneaux $H(X, A)$.

---

[1] *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2392.

Si U est un groupe *fini*, H_1 est, *au sens des groupes discrets*, l'anneau de cohomologie de U à valeurs dans H(X, A); on retrouve ainsi la suite spectrale des revêtements finis [2].

2. Soit X = G, groupe de Lie compact, U un sous-groupe fermé de G; on peut envisager $(E_U, G)_U$ comme espace fibré principal de fibre G et, le cas échéant, préciser la structure de l'anneau spectral par les théorèmes de [1]. En cohomologie réelle, H. Cartan a obtenu un théorème plus précis [3], qui peut du reste se retrouver dans le cadre de la théorie de Leray.

Un espace E_G universel pour G l'est aussi pour un sous-groupe fermé U de G, et les quotients E_G/U et E_G/G sont des espaces B_U, B_G classifiants pour U et G; la projection du premier sur le second en fait un espace fibré de fibre G/U, d'où :

Théorème 2. — *Soit* G *un groupe de Lie compact,* U *un sous-groupe fermé de* G. *Alors il existe un anneau spectral pour lequel* $H_1 = H(B_G, H(G/U, A))$ *et qui se termine par l'anneau gradué associé à* $H(B_U, A)$ *convenablement filtré.*

2. *Le quotient par un tore maximal.* — Soit T un tore maximal de G, N le normalisateur de T dans G, $\Phi = N/T$; on a $H(B_T, Z) = Z[x_1, \ldots, x_l]$, où x_i est de degré 2, et l désigne la dimension de T; le groupe Φ opère sur la fibration de E_G par T, base B_T, donc sur $H(B_T, Z)$; nous notons I_G l'anneau des éléments de $H(B_T, Z)$ invariants par les opérations de Φ. Considérons d'abord la cohomologie réelle; on peut montrer que les nombres de Betti de G/T sont nuls en dimensions impaires [4]; il s'ensuit que dans l'anneau spectral du théorème 2 avec U = T, H_1 est déjà l'anneau terminal, d'où : 1° la formule de Hirsch pour G/T, 2° le fait que $H(B_T, R) \to H(G/T, R)$ est sur, donc que ce dernier est égal à son sous-anneau caractéristique, 3° le fait que $p^* : H(B_G, R) \to H(B_T, R)$ est biunivoque; enfin on montre que l'image de p^* est formée des invariants de Φ [5]. En ce qui concerne la cohomologie par rapport à d'autres coefficients, j'ai vérifié que : *Si* G *est un groupe simple classique ou de l'un des types* G_2, F_4, *le quotient* G/T *est sans torsion.*

Théorème 3. — *Si* G *et* G/T *sont sans p-torsion (resp. sans torsion), alors* $H(G/T, Z_p)$ *(resp.* $H(G/T, Z)$*) est égal à son sous-anneau caractéristique. L'application* $p^* : H(B_G, Z_p) \to H(B_T, Z_p)$ *(resp.* $H(B_G, Z) \to H(B_T, Z)$*) est biunivoque et son image est* $I_G \otimes Z_p$ *(resp.* I_G*).*

3. *Le quotient* G/U. — Soit S un tore maximal de U. L'étude de la fibration de G/S par U/S, base G/U, et le théorème 3 conduisent au :

Théorème 4. — *Si* U *et* U/S *sont sans p-torsion (resp. sans torsion),* U/S *est totalement non homologue à zéro relativement aux coefficients* Z_p *(resp.* Z*)*

(2) H. Cartan et J. Leray, *Colloque de Topologie algébrique*, Paris, 1947, p. 83-85.

(3) H. Cartan, *Colloque de Topologie algébrique*, Bruxelles, 1950, p. 57-71.

(4) Ce lemme de l'auteur est démontré dans l'article de J. Leray (*Colloque de Topologie algébrique*, Bruxelles, 1950, p. 101-116).

(5) Ces résultats ne sont pas nouveaux, *cf.* H. Cartan et J. Leray, *loc. cit.* (3) et (4), ainsi que J. L. Koszul, même ouvrage, p. 73-81.

dans G/S; *les espaces* G/S *et* G/U *sont simultanément avec ou sans p-torsion* (*resp. torsion*).

Si de plus rang U = *rang* G, *et si* G/S *et* G *sont sans p-torsion* (*resp. sans torsion*), *alors* $H(G/U, Z_p)$ (*resp.* $H(G/U, Z)$) *est égal à son sous-anneau caractéristique* (6).

Remarques. — 1. Si $p = 0$, on tire de là la formule de Hirsch pour G/U.

2. Si rang U = rang G, les hypothèses : G/S et U/S sans torsion, sont en général remplies, d'après le n° 2.

4. *Le théorème de Hopf.* — Pour abréger, nous formulerons notre théorème directement pour les groupes de Lie, en relevant toutefois que sa démonstration utilise les mêmes hypothèses algébriques que celle de H. Hopf; il vaut donc notamment pour les variétés Γ de Hopf et, à quelques modifications près, pour les espaces de lacets.

THÉORÈME 5. — *Soit* G *un groupe de Lie compact connexe. Alors* $H(G, Z_p)$ *possède un système minimal de générateurs :* $1, x_1, \ldots, x_m$ *tel que les produits* $x_1^{r_1}.x_2^{r_2}.\ldots.x_m^{r_m}$ ($0 \leq r_i < s_i$ *où* s_i *est le plus petit entier tel que* $x_i^{s_i} = 0$) *forment une base de l'espace vectoriel* $H(G, Z_p)$.

Si $p = 2$, s_i *est une puissance de* 2 *et les éléments* $x_i, x_i^2, x_i^4, \ldots$ *non nuls forment un système simple de générateurs* (7) *de* $H(G, Z_2)$. *Si* $p \neq 2$ *et si* x_i *est de degré pair* (*ce qui ne se présente pas pour* $p = 0$) s_i *est une puissance de* p.

GÉOMÉTRIE DES NOMBRES. — *Sur un système de sphères qui recouvrent l'espace à n dimensions.* Note (*) de M. **HAROLD DAVENPORT**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Un des problèmes classiques de la géométrie des nombres est celui de trouver l'empilement le plus compact de sphères dans l'espace à n dimensions, sous la condition que les centres des sphères forment un réseau. Un problème analogue, qui n'a pas reçu beaucoup d'attention jusqu'ici, est celui de trouver le système le moins compact de sphères qui recouvrent tout l'espace.

Soit Λ un réseau tel que chaque point de l'espace soit à une distance $\leq r$ d'un point de Λ. Alors, les sphères de rayon r dont les centres se trouvent aux points de Λ recouvrent tout l'espace. La densité ϑ du recouvrement est donnée par

$$\vartheta = \vartheta(\Lambda) = \frac{J_n r^n}{d(\Lambda)}, \tag{1}$$

(6) Z_0 désigne ici le corps des nombres rationnels.

(7) Au sens indiqué dans une Note antérieure : *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1628.

(*) Séance du 6 août 1951.

où J_n désigne le volume d'une sphère de rayon 1 dans l'espace à n dimensions, et $d(\Lambda)$ désigne le déterminant du réseau Λ. On a évidemment $\vartheta \geq 1$.

Je démontre ici qu'il existe un réseau Λ pour lequel

$$(2) \qquad \vartheta(\Lambda) < \left(\sqrt{\frac{1}{6}\pi e} + \varepsilon_n\right)^n,$$

où $\lim\limits_{n=\infty} \varepsilon_n = 0$. On a $\sqrt{(1/6)\pi e} = 1,193 \ldots$.

La construction d'un tel réseau est très simple : il se compose des points $(x_1, \ldots, x_n)$ dont les coordonnées sont données par les formes linéaires :

$$x_1 = u_1 + \frac{u_n}{N}, \quad \ldots, \qquad x_{n-1} = u_{n-1} + \frac{u_n}{N}, \qquad x_n = \frac{u_n}{N},$$

où N est un entier positif. On a $d(\Lambda) = 1/N$.

Le carré de la distance entre un point $(\xi_1, \ldots, \xi_n)$ de l'espace et le point de Λ le plus proche est la valeur minimum de

$$\left(\xi_1 - u_1 - \frac{u_n}{N}\right)^2 + \ldots + \left(\xi_{n-1} - u_{n-1} - \frac{u_n}{N}\right)^2 + \left(\xi_n - \frac{u_n}{N}\right)^2,$$

pour tous les entiers $u_1, \ldots, u_n$. Désignons par $\|z\|$ la valeur absolue de la différence entre un nombre réel z et l'entier le plus proche de z. Si l'on met $u_n \equiv \nu \pmod{N}$ dans l'expression ci-dessus on obtient le minimum de

$$\left\|\xi_1 - \frac{\nu}{N}\right\|^2 + \ldots + \left\|\xi_{n-1} - \frac{\nu}{N}\right\|^2 + \left\|\xi_n - \frac{\nu}{N}\right\|^2,$$

pour tout entier ν. Ce minimum ne dépasse pas

$$\frac{1}{N}\sum_{\nu=1}^{N}\sum_{i=1}^{n}\left\|\xi_i - \frac{\nu}{N}\right\|^2.$$

Or, l'expresssion

$$\frac{1}{N}\sum_{\nu=1}^{N}\left\|\xi - \frac{\nu}{N}\right\|^2$$

représente une fonction de ξ qui est évidemment paire et périodique, admettant la période $1/N$. Cette fonction est facile à calculer pour $0 \leq \xi \leq 1/2N$ (les détails varient légèrement selon la parité de N), et sa plus grande valeur est

$$\frac{1}{12}\left(1 + \frac{2}{N^2}\right).$$

Il s'ensuit que tout point de l'espace se trouve à une distance $\leq r$ d'un point du réseau Λ, pourvu que r soit défini par

$$r^2 = \frac{1}{12} n \left(1 + \frac{2}{N^2}\right).$$

On déduit de (1) que

$$\mathfrak{S}(\mathrm{A}) \leq \mathrm{NJ}_n \left\{ \frac{1}{12} n \left(1 + \frac{2}{\mathrm{N}^2}\right) \right\}^{\frac{n}{2}}.$$

En prenant $\mathrm{N} = (2(n-1))^{\frac{1}{2}}$, il résulte que

$$(\mathfrak{S}(\mathrm{A}))^{\frac{2}{n}} \leq \frac{1}{12} (\mathrm{J}_n)^{\frac{2}{n}} \frac{n^2}{n-1} (2(n-1))^{\frac{1}{n}}.$$

Puisque

$$(\mathrm{J}_n)^{\frac{2}{n}} = \frac{\pi}{\left(\Gamma\left(1+\frac{n}{2}\right)\right)^{\frac{2}{n}}} \sim \frac{2\pi e}{n},$$

on obtient (2).

En employant une construction plus compliquée, on peut améliorer l'inégalité (2), et démontrer qu'il existe un réseau pour lequel $\mathfrak{S} < (1,15)^n$, si n est suffisamment grand. D'autre part, M. Bambah et moi, nous avons démontré que $\mathfrak{S} > 4/3 - \varepsilon_n$ pour tout recouvrement de l'espace.

THÉORIES PHYSIQUES. — *Les méthodes de la seconde quantification et de l'espace de configuration en théorie relativiste des systèmes de particules. IV. Dérivation de l'équation du type Tamm-Dancoff pour le deutéron.* Note (*) de M. **Maurice Jean**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons utilisé les méthodes de passage de la seconde quantification à l'espace de configuration, développées par ailleurs ([2]), à la déduction d'une équation relativiste pour le système de deux nucléons. Nous utilisions une généralisation covariante de la méthode usuelle de perturbation qui repose essentiellement sur la transformation canonique de Schwinger éliminant les effets du premier ordre. Il est cependant possible de déduire directement de la représentation d'interaction un système infini d'équations couplées faisant intervenir les fonctions d'ondes de l'espace de configuration. On peut alors par substitutions successives ([3]) déduire des équations n'introduisant que la fonction d'ondes décrivant l'état d'un système particulier : nous choisirons ici l'exemple du dentéron.

(*) Séance du 6 août 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2405, désignée dans ce qui suit par III.

Dans la formule finale de cette Note, l'opérateur $\beta^{(1)}$ a été oublié entre les opérateurs $\Lambda^{(+)}(p_1)$ et $\mathrm{O}^{(1)}$, de même pour l'opérateur $\beta^{(2)}$ entre $\Lambda^{(+)}(p_2)$ et $\mathrm{O}^{(2)}$.

([2]) M. Jean, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1183 et 1200 désignées par I et II.

([3]) Une tentative de résolution du système d'équations ainsi obtenues, sans avoir recours à un développement par rapport à la constante de couplage, est actuellement en progrès.

Il est commode de partir de l'équation intégrale.

$$\Psi[\sigma] = \Psi[-\infty] - i\int_{-\infty}^{\sigma} d^4x' \mathcal{H}(x')\,\Psi[\sigma'].$$

obtenue en intégrant l'équation de Tomonaga-Schwinger. On peut ici sans trop restreindre la validité du résultat supposer qu'à l'instant $t = -\infty$ l'interaction n'existe pas. Le vecteur d'état $\Psi[\sigma]$ peut être construit, comme en III, sous la forme $\Psi[\sigma] = \Sigma_{n,n',m}\Psi_{n,n',m}[\sigma]$.

D'autre part, si l'on analyse la signification de l'opérateur $\mathcal{H}(x')$ en effectuant sa décomposition en produits normaux ([4]), on constate qu'il décrit la création ou l'absorption d'un méson avec changement d'état d'un nucléon ou antinucléon ou avec création ou absorption d'une paire. Si l'on ne s'intéresse qu'à un système de deux nucléons et qu'on se borne au second ordre, les créations de paires ne contribuent qu'à un terme de self-énergie qu'on peut laisser de côté à cet ordre. On obtient alors un système de deux équations ne faisant intervenir que les vecteurs d'état $\Psi_{2,0,0}$ et $\Psi_{2,0,1}$. En éliminant le vecteur $\Psi_{2,0,1}$ et en utilisant la forme explicite de $\Psi_{2,0,0}$ on déduit une équation dans laquelle ne figure que la fonction d'ondes $U(x_1 x_2/\sigma)$ du système ([5])

$$U(x_1x_2/\sigma) = U_0(x_1x_2/\sigma) + i\int_{-\infty}^{\sigma} d^4y_1\int_{-\infty}^{\sigma} d^4y_2\, S^{(+)}(x_1-y_1)\, S^{(+)}(x_2-y_2).$$

$$\Big\{\theta(y_1y_2)\,\Delta^{(+)}(y_1-y_2)\int_{\sigma_2} S^{(+)}\, y_1y'_2)\,\gamma'_\mu U(y'_2y_2/\sigma_2)\,d\sigma'_\mu + \theta(y_2y_1)\,\Delta^{(+)}(y_2-y_1)$$
$$\int_{\sigma_1} S^{(+)}(y_2-y'_1)\,\gamma'_\mu U(y_1y'_1/\sigma_1)\,d\sigma'_\mu\Big\}.$$

Lorsqu'on transforme cette équation de façon à obtenir l'équation pour des états stationnaires dans l'espace des moments on trouve

$$\begin{aligned}&[E - \varepsilon_{p_1} - \varepsilon_{p_2}]\,U(p_1p_2)\\ &= \frac{1}{(2\pi)^3}\int d^3q\,\frac{(\Lambda^{(+)}(p_1)\,\beta O)^{(1)}\,(\Lambda^{(+)}(p_2)\,\beta O)^{(2)}}{2\epsilon_q}\\ &\quad\times\left[\frac{1}{E - \varepsilon_{p_2} - \varepsilon_{p_1-q} - \epsilon_q} + \frac{1}{E - \varepsilon_{p_1} - \varepsilon_{p_2+q} - \epsilon_q}\right]U(p_1-q,\, p_2+q)\end{aligned}$$

les différents symboles ayant la même signification qu'en III. La fonction d'ondes $U(p_1p_2)$ est encore ici fonction propre de l'opérateur $\Lambda^{(+)}(p_1)\,\Lambda^{(+)}(p_2)$. L'équation ci-dessus est l'équation de Tamm-Dancoff ([6]) sous une forme plus complète. Il est à noter que la méthode de substitution utilisée pour isoler l'état

---

([4]) G. WICK, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 268.

([5]) Le symbole $U(x_1x_2/\sigma)$ indique que les deux points x_1 et x_2 sont sur une surface du genre espace σ. La fonction U_0 est associée aux deux nucléons libres. On a $\theta(y_1y_2) = 1$ si $t_{y_1} < t_{y_2}$ et $\theta(y_1y_2) = 0$ si $t_{y_2} > t_{y_1}$.

([6]) TAMM, *J. Phys. U. S. S. R.*, 9, 1945, p. 449; S. M. DANCOFF, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 382.

correspondant à un système de deux nucléons revient à effectuer un développement par rapport à la constante de couplage. L'équation ci-dessus et celle déduite dans III reposent donc toutes deux sur l'hypothèse du couplage faible. Elles diffèrent cependant par la transformation canonique qui a été effectuée dans III qui fait que les fonctions d'ondes n'ont pas exactement la même signification. Pourtant il est possible de montrer que si l'hypothèse de couplage faible est justifiée les énergies de liaison calculées à partir des deux équations ne diffèrent que par des termes d'ordre supérieur au second. On peut en effet développer les noyaux de deux équations intégrales de façon à obtenir des termes du second ordre, par rapport à la constante de couplage, identiques.

CHALEUR. — *Mesure des températures de brillance, des facteurs monochromatiques d'émission et des températures vraies des flammes lumineuses par photométrie photographique.* Note (*) de M. **Jean Galey**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La méthode consiste à utiliser comme récepteur d'énergie un film cinématographique négatif panchromatique exposé derrière un filtre monochromatique convenable. Ce film est étalonné, dans les conditions des prises de vue ultérieures, sur un corps noir porté à diverses températures connues. Toutes les mesures ultérieures de température d'une flamme peuvent alors se ramener à des mesures de densité optique sur les images successives du film développé. La constance de la densité optique des images successives de la source étalon pour une même température de celle-ci fournit un contrôle de l'étalonnage en ce qui concerne les variations de sensibilité du film, la régularité des temps d'exposition et l'uniformité du développement.

Pour la mesure des diverses constantes optiques de la flamme nous avons appliqué la méthode classique de Kurlbaum en plaçant derrière la flamme à étudier une source étalon à une température connue supérieure à celle de la flamme et en cinématographiant l'ensemble de la flamme et de la source étalon placée en arrière plan.

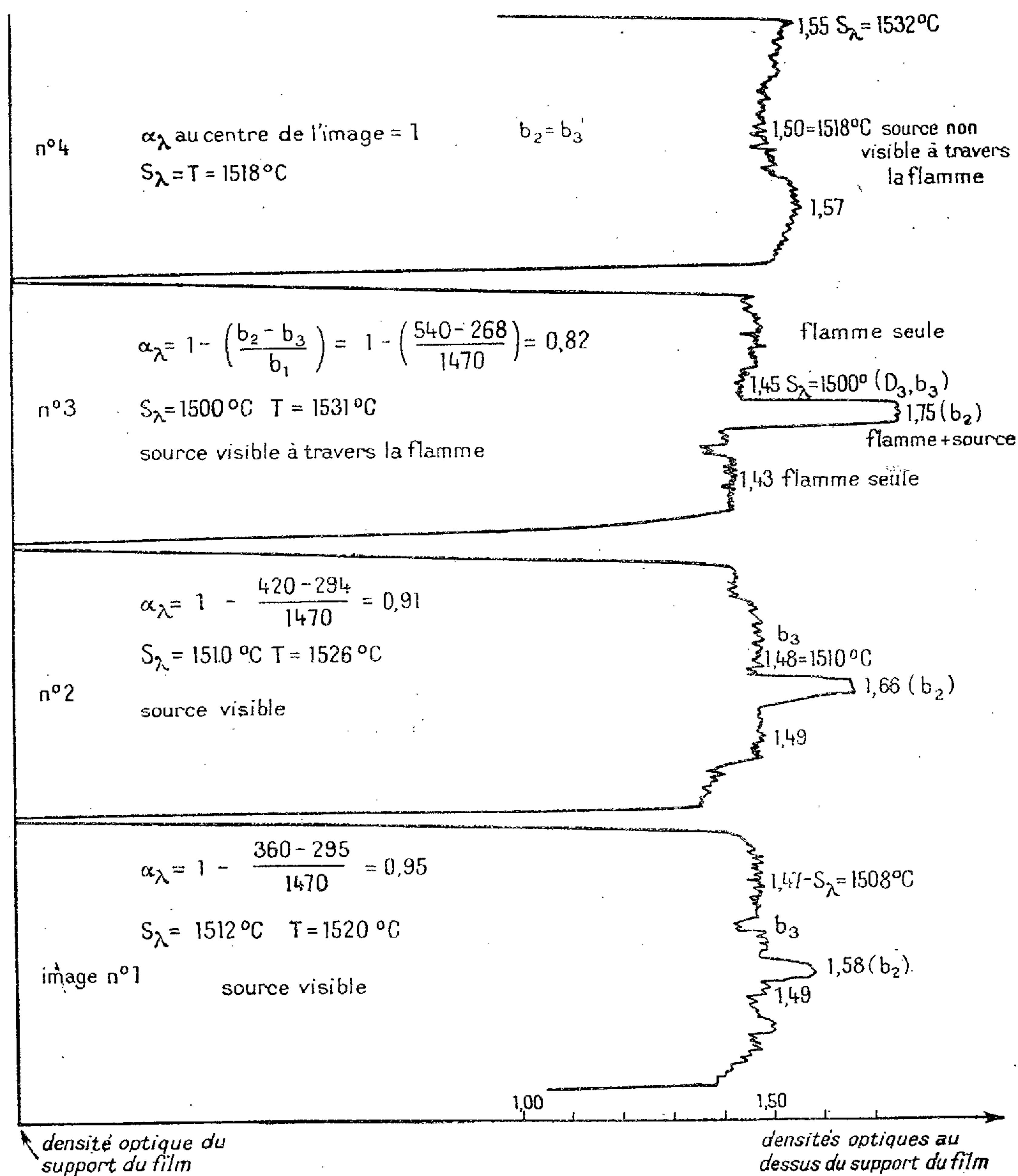
Dans ces conditions, l'étalonnage préalable donne l'énergie émise par la source seule correspondant à une densité D_1 du film. Sur chaque image instantanée de l'ensemble flamme plus source, on mesure la densité D_2 correspondant à la source vue à travers la flamme et la densité D_3 correspondant à la flamme seule entourant l'image de la source.

Le facteur monochromatique d'émission instantané de la flamme est alors donné par

$$\varepsilon_\lambda = \alpha_\lambda = 1 - \frac{b_2 - b_3}{b_1},$$

(*) Séance du 20 août 1951.

b_1, b_2, b_3 étant les brillances respectives de la source seule, de l'ensemble source plus flamme et de la flamme seule; elles sont liées aux densités optiques et leurs valeurs sont données par la courbe d'étalonnage.



Connaissant ε_λ et la température de brillance S_λ on en tire la température vraie T à l'instant considéré.

Le matériel utilisé est une caméra Pathé Webo M, 16 mm particulièrement adaptée à ce genre de prise de vues. Elle comporte notamment une cadence de défilement réglable et contrôlée jusqu'à 80 images/sec et un obturateur variable

donnant des temps d'exposition jusqu'à 1/1500 sec, ce qui permet de suivre les fluctuations de la flamme. Elle admet 30 m de film, soit 4000 images. Le téléobjectif utilisé est muni d'un filtre Wratten rouge ou vert.

L'étalonnage du film en densité-température et les mesures se font au microdensitomètre enregistreur. La mesure des densités se fait à moins de 0,01 en densité, ce qui correspond à moins de 3°C dans les limites des températures mesurées.

L'erreur commise, due aux variations de sensibilité le long du film, au développement ou à la variation des temps d'exposition, reste en moyenne de 0,02 en densité, soit $\pm$ 3°C.

La courbe ci-jointe donne un exemple d'un enregistrement d'images d'un film pris en un point de la partie lumineuse d'une flamme de mazout de six mètres de long environ, et dont le cône d'ouverture et d'environ 20°. Sur chaque image instantanée l'enregistrement au microphotomètre donne, d'une part la densité optique correspondant à la flamme seule (avec ses fluctuations dans l'espace), d'autre part la densité de l'image de la source vue à travers la flamme quand le facteur monochromatique d'émission de celle-ci est inférieur à 1.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur les équations générales d'un alternateur polyphasé à vitesse constante.* Note (*) de M. **Émile Pillet**, présentée par M. Georges Darrieus.

Nouveau perfectionnement à une théorie des alternateurs polyphasés permettant d'introduire dans les calculs la forme exacte du flux d'induit. Conséquences sur la déformation, en charge, des courbes de tension et d'intensité.

L'expérience prouve que la courbe de tension d'un alternateur, parfaitement sinusoïdale à vide peut être déformée en charge, même quand celle-ci est parfaitement équilibrée; en particulier, un court-circuit triphasé équilibré sur montage étoile fait apparaître une tension entre le neutre et le court-circuit. Cette tension homopolaire, ne peut comprendre que les harmoniques d'ordres multiples de trois, ce qu'un relevé oscillographique vérifie instantanément.

Il est classique d'attribuer ces harmoniques en charge à la forme non sinusoïdale du flux de réaction d'induit.

Reprenant la forme opérationnelle déjà exposée dans une Note précédente, j'ai cherché à établir un système d'équations générales qui tienne compte à la fois de la forme des ondes de force magnétomotrice et de la forme exacte des pôles saillants. Voici les principaux résultats :

1° L'inductance propre d'une phase du stator est encore une fonction

(*) Séance du 23 juillet 1951.

périodique de l'angle de position du rotor et de pulsation $2\omega_r$, mais le développement de Fourier de cette fonction est, en principe, illimité. Il en est de même des inductances mutuelles entre deux phases.

2° L'inductance mutuelle entre une phase de stator et un circuit rotorique fait apparaître, au contraire, tous les harmoniques d'ordres impairs.

3° L'application de la transformation de Laplace aux équations différentielles du fonctionnement en charge donne des équations fonctionnelles à nombres illimités de termes.

4° La matrice fondamentale de la Note précédente peut être considérée comme un cas particulier simple de la nouvelle matrice générale.

5° La forme même des équations suggère une méthode de résolution par approximations successives, les racines des équations simplifiées se présentant comme de premières approximations, souvent très acceptables. Dès la deuxième approximation les harmoniques d'ordre trois apparaissent dans les tensions, ou les intensités.

6° Faite à la lumière de ces nouvelles équations, l'interprétation des essais classiques, complétés éventuellement par des relevés oscillographiques, permet de déterminer expérimentalement les coefficients des termes correctifs, d'autant plus facilement que l'on se contente des ordres les plus bas.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les N-halogénoacétylsalicylamides.* Note (*) de M. **Robert Granger**, Mlle **Monique Corbier** et M. **Jacques Vinas**, transmise par M. Marcel Delépine.

L'action des chlorures d'acides chloracétique, bromacétique et iodacétique sur le salicylamide conduit aux dérivés N-halogénoacétylés. Les isomères O-halogénoacétylés ne sont pas connus.

Le salicylamide peut donner deux dérivés monoacylés suivant que le radical est lié à la molécule par l'atome d'oxygène ou par l'atome d'azote. Généralement, les deux isomères sont connus : c'est le cas des O et N-acétylsalicylamides [Mc Connan et Titherley (1)].

Par contre, il n'existe qu'un seul chloracétylsalicylamide décrit par Hahn et Loos (2) qui, l'ayant obtenu par action de l'ammoniac sur le chlorure de l'acide chloracétylsalicylique, l'ont considéré comme étant le dérivé à l'oxygène.

La présente Note a pour objet principal de montrer qu'il s'agit en fait de l'isomère à l'azote.

En effet, le N-chloracétylsalicylamide prend naissance d'une manière normale, par application des méthodes de préparation des N-dérivés du salicy-

(*) Séance du 30 juillet 1951.

(1) *J. Chem. Soc.*, 89, 1906, p. 1333.

(2) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 51, 1918, p. 1444.

lamide, et apparaît aussi par les procédés d'obtention des O-dérivés, à la suite d'une transposition moléculaire que nous n'avons pu éviter jusqu'ici.

I. *Voies normales d'obtention du N-chloracétylsalicylamide.* — 1. Le chauffage de quantités équimoléculaires de chlorure de chloracétyle et de salicylamide à la température de fusion du mélange permet d'obtenir le N-chloracétylsalicylamide : $C_6H_4(OH)(CO—NH—CO—CH_2Cl)$ avec un rendement de 80 % : aiguilles incolores F 165°, (N 6,35 % ; Cl 16,51 % pour 6,55 et 16,62).

Il possède les propriétés des N-acylsalicylamides : *a.* coloration rouge violacée avec Cl_3Fe en milieu alcoolique; *b.* dissolution aisée dans l'ammoniaque diluée et reprécipitation sans altération par SO_4H_2. Les O-dérivés ne donnent pas de réaction colorée et sont transformés en N-dérivés au cours du traitement ammoniacal.

2. Nous l'avons également obtenu par hydrolyse ménagée ammoniacale du bis-O-N-chloracétylsalicylamide F 134° (préparé par action d'un excès de chlorure de chloracétyle sur une solution pyridinique de salicylamide). Le clivage ne s'effectue pas au niveau de la liaison amidique comme l'indiquèrent Hahn et Loos, mais intéresse la fonction ester, le bis-O-N-chloracétylsalicylamide se comportant comme le bis-O-N-acétylsalicylamide ([3]).

II. *Obtention du N-chloracétylsalicylamide par transposition.* — 1. Nous avons confirmé l'expérience de Hahn et Loos concernant l'action de NH_3 sur le chlorure d'acide chloracétylsalicylique. L'acide F 142°, traité par $SOCl_2$, donne le chlorure. Celui-ci, en solution dans l'éther anhydre est additionné très lentement et à froid d'une solution éthérée et anhydre de NH_3 en léger défaut. Nous n'avons retrouvé, malgré ces précautions, que le N-chloracétylsalicylamide. Le chlorure de l'acide acétylsalicylique conduit, au contraire, au O-acétylsalicylamide (Mc Connan et Titherley).

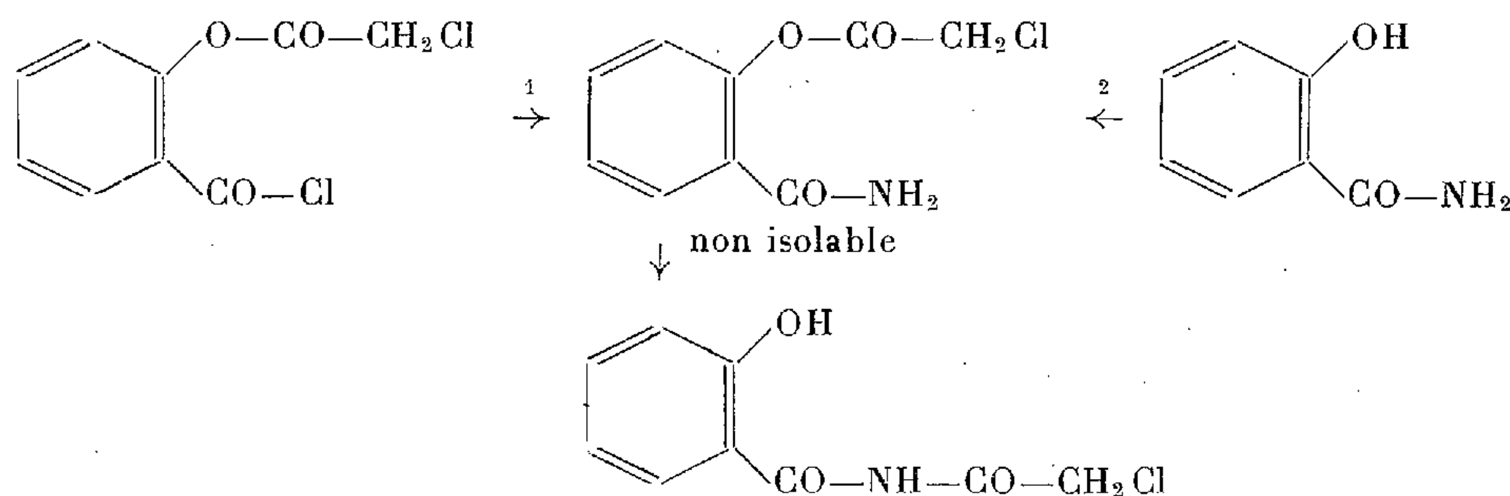
2. C'est encore le N-dérivé qui prend naissance dans l'action du chlorure de chloracétyle sur une quantité équimoléculaire de salicylamide en solution dans la pyridine, en opérant à —15°. Dans les mêmes conditions, le chlorure d'acétyle donne uniquement le O-acétylsalicylamide (Mc Connan et Titherley).

Or, avec le chlorure d'acétyle à +15° se forme une certaine quantité de N-dérivé par transposition de l'isomère O-acétylé, sous l'influence de la pyridine. On peut donc considérer que la formation du N-chloracétylsalicylamide fait intervenir le même mécanisme.

III. *N-bromacétyl et N-iodacétylsalicylamides.* — Le chlorure de bromacétyle réagit à chaud avec le salicylamide pour former le N-bromacétylsalicylamide. $C_6H_4(OH)(CO—NH—CO—CH_2Br)$, aiguilles incolores F_{inst} 157° (N % 5,23; Br % 30,83 pour 5,42 et 31,00).

([3]) A. W. Titherley et W. L. Hicks, *J. Chem. Soc.*, 99, 1911, p. 869.

De même, le chlorure d'iodacétyle conduit au N-iodacétylsalicylamide $C_6H_4(OH)(CO—NH—CO—CH_2I)$, aiguilles incolores F_{inst} 152° (N % 4,40; I % 41,49 pour 4,59 et 41,6).



Ces deux dérivés donnent une coloration rouge avec Cl_3Fe alcoolique. Le dernier est identique au « O-iodacétylsalicylamide » (F 138-139°) de Hahn et Loos que nous avons également formé en suivant leur technique, par action de INa sur le chloracétylsalicylamide en solution acétonique.

IV. *Action du N-chloracétylsalicylamide sur la pyridine.* — Une solution pyridinique de ce composé abandonne peu à peu des cristaux de chlorure de salicoyléthylamide pyridinium :

$[C_6H_4(OH)(CO—NH—CO—CH_2—NC_5H_5)]^+Cl^-$, purifiés par cristallisation dans l'alcool F 250° (déc.), très solubles dans l'eau, donnant une coloration violette avec Cl_3Fe(N % 9,74; Cl % 12,20 pour 9,57 et 12,13. Par contact avec la soude diluée, il se dissocie en salicylamide et chlorure d'éthyloïque pyridinium $(C_5H_5N—CH_2—CO_2H)^+Cl^-$, petites lamelles F 202°.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la structure du vent et sur les phénomènes secondaires (différents « wind marks » sur le sable et sur la neige, etc.) qu'elle provoque.* Note de M. **Matthias Matschinski**, transmise par M. Charles Maurain.

L'auteur propose une théorie des rides et des « wind marks » de tous aspects, en supposant que ces phénomènes ne sont que les traces de la structure du vent. Cette dernière, existant dans un courant du vent avant et même sans l'influence du sable ou d'un autre corps formant les rides, peut sous certaines conditions s'imprimer sur la surface du sol. La distance entre les « corps turbulents » caractérisant la structure, coïncide pour le vent faible avec la distance moyenne entre les rides.

1. La question de la structure du vent n'est pas neuve. Pourtant, en se limitant aux cas d'une structure purement cinématique et en laissant de côté les fluctuations de température et de densité, il semble possible de donner une nouvelle interprétation physique-mathématique de ce phénomène, en considérant un certain système (S) de solutions des équations générales du mouve-

ment du liquide visqueux incompressible ne dépendant que des deux coordonnées x et y. Une fonction des lignes du courant ψ étant introduite, ces équations, comme il est connu, peuvent être réduites à une seule équation (A) : $\partial\Delta\psi/\partial t + \mathcal{D}_x\psi\,\mathcal{D}_y\Delta\psi - \mathcal{D}_y\psi\,\mathcal{D}_x\Delta\psi - \nu\Delta\Delta\psi = 0$, où $\mathcal{D}_x = \partial/\partial x$ et $\mathcal{D}_y = \partial/\partial y$ sont les dérivées locales, ν, la viscosité cinématique; $\mathcal{U} = \partial\psi/\partial y$ et $\mathcal{V} = -\partial\psi/\partial x$, les vitesses, enfin $\Delta = \partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2$. Ce système S satisfait aux équations (B) : $\partial\psi/\partial t = ik\nu\psi$ et $\Delta\psi = ik\psi$, où k représente un nombre arbitraire, mais le même pour toutes les solutions du système S. Le cas le plus important du point de vue physique est celui où k est réel; le cas de k complexe présente aussi de l'intérêt; k purement imaginaire nous conduit à un amortissement trivial. Bien que l'équation (A) ne soit pas linéaire, les solutions $\psi(k, x, y)$ de (B) possèdent la propriété d'additivité remarquable; $\int \psi_j(k, x, y)\,C(j)\,dj$ est aussi une solution de (B) et (A) quel que soit C(J). Bien entendu, les équations (A) et (B) ne sont pas complètement équivalentes : chaque solution de (B) est une solution de (A), mais non inversement.

2. L'équation initiale (A), aussi bien que les solutions indiquées représentent un courant turbulent. Cependant contrairement à une idée largement répandue sur la structure du vent, idée qui cherche à distinguer dans ce courant les tourbillons séparés et les fils, le développement $\int \psi_j(k, x, y)\,C(j)\,dj$, correspond à l'idée que les tourbillons et les fils ne sont pas les éléments du courant, mais qu'ils forment les « corps turbulents » (selon l'expression de B. Weinberg) volant dans le courant. Chacun de ces corps turbulents étant composé de façon très compliquée de tourbillons et de fils, possède néanmoins cette propriété étonnante de la conservation de son individualité durant la superposition avec certains systèmes de corps turbulents du type proche du sien. Chacun de ces corps turbulents (ou plus exactement la série des corps turbulents identiques) peut être décrite par exemple par :

$$\psi_\beta = \psi_j = \exp\left(ik\nu t + i\beta x + y\sqrt{+\frac{\beta^2}{2} + \sqrt{\frac{\beta^4}{4} + \frac{k^2}{2}}} + iy\sqrt{-\frac{\beta^2}{2} + \sqrt{\frac{\beta^4}{4} + \frac{k^2}{2}}}\right),$$

(x, coordonnée horizontale, y, hauteur) ou par une expression correspondante tirée de solutions particulières de l'équation (B) écrite dans un autre système de coordonnées (*voir* ci-dessous). Les solutions ψ_β correspondent à un « corps turbulent » stationnaire; l'introduction d'un k complexe décrit l'apparition ou la disparition de ce corps. D'un tel point de vue le vent est constitué par un ensemble de « corps turbulents », de toutes grandeurs, qui surgissent et disparaissent constamment si le vent est irrégulier et qui sont au contraire presque stationnaires si le vent est tranquille. Différents vents peuvent être caractérisés par le type de corps turbulent dominant. La grandeur ν qui à petite échelle est la viscosité cinématique, doit être à grande échelle remplacée par la viscosité nommée « virtuelle ». Pour conserver la possibilité

de la superposition, la grandeur k doit être théoriquement la même pour toutes les solutions du système (B), mais pratiquement on pourrait aussi, en première approximative, considérer des systèmes de corps où k différait un peu d'un corps à l'autre. Ainsi, dans les cas les plus fréquents d'un vent peu irrégulier et sans changements brusques de température et de densité, l'application des considérations données ci-dessus est tout à fait légitime.

3. « *Wind marks* » *sur le sable et sur la neige.* — Certes, dans le cas le plus général d'un mouvement chaotique un système de corps turbulents ne laisse pas de traces plus ou moins ordonnées. Au contraire dans un vent « calme » ces traces se manifestent. Considérons un obstacle accidentel sur la terre, près duquel un petit monticule commence de se former. Le plus simple est de représenter ce monticule *in statu nascendi* (pour ne pas entrer dans l'examen de sa forme fortuite) par un point singulier. Si l'on introduit des coordonnées cylindriques, le centre coïncidant avec ce monticule, au lieu de ψ_β, on trouve

$$\psi_n = \psi_j = \exp(ik\nu t)\sin(n\theta)\,\mathcal{J}_n(\sqrt{ik}\,r) \cong \exp(ik\nu t)\,\mathrm{Amp.}(\theta, n, k, r)\sin\left(r\sqrt{\frac{k}{2}}\right).$$

Les corps turbulents étant emportés par le vent, cette formule n'est valable que dans un coin très étroit de demi-plan ($y > 0$) entre la terre et la ligne inclinée sur l'horizon d'un angle de 5 à 10°. En introduisant encore λ et T (longueur d'onde et période) et enfin w (vitesse de phase du système des corps turbulents) on obtient $\lambda^2 = 4\pi\nu T$, $\lambda = 2\pi\nu/w$, $T = 4\pi\nu/w$. En prenant pour T la valeur $= 1$ min (pulsation de la pression qu'on observe très souvent), on en déduit $\lambda \cong 10$ cm, en accord avec les données des mesures (Queney), et $w = 0,1$ à 0,2 cm : s, vitesse suffisamment lente pour le phénomène d'accumulation. Pour la valeur numérique de ν on a pris celle de la viscosité cinématique de l'air, car la couche provoquant la formation de « wind marks » n'est pas épaisse (quelques centimètres selon Queney). On trouvera des résultats identiques en partant de Ψ_B et en supposant pour β des valeurs très petites (le vent ne soufle pas seulement près de la surface de la terre).

4. *Formation des nuages du type Unduli.* — En partant de l'hypothèse d'une couche d'inversion, on calcule habituellement leur longueur d'onde à l'aide de la formule de Helmholz pour les ondes superficielles. Ne nous opposant pas à l'hypothèse de la couche d'inversion, soulignons qu'on peut regarder ces Unduli comme les traces de corps turbulents très grands, acceptant bien entendu pour ν la valeur correspondant à la viscosité virtuelle, tout le phénomène ici est donc à grande échelle. Par exemple, pour $\lambda = 200$ m et vitesse *absolue* $w = 15$ m : s de $\lambda w = 4\pi\nu$, on déduit la valeur numérique $\nu = 10^6$ cm² : s, qui semble être acceptable, vu que la turbulence dans les nuages est très intense. En prenant, au lieu de vitesse absolue (15 m : s), la vitesse relative (par exemple 1,5 m : s), on obtient $\nu = 10^5$ cm² : s, qui paraît convenir encore mieux.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'afflux printanier des minéraux dans les fleurs et les fruits du Marronnier* (Æsculus hippocastanus). Note de MM. **Jules Carles** et **Fernand Rivenq**, présentée par M. Raoul Combes.

L'afflux commence, dans les fleurs et les jeunes fruits de Marronnier par l'azote et le phosphore et les derniers venus semblent être le sodium et le calcium.

Lorsqu'au printemps l'arbre construit de nouveaux tissus, les parties anciennes cèdent une partie de leurs minéraux. Le Marronnier recèle dans ses bourgeons une quantité minime de cendres, à peu près également réparties entre les écailles et les minuscules feuilles encloses, avec cette différence que les écailles sont plus riches en calcium et moins riches en phosphore, potassium et magnésium. L'éclatement du bourgeon déclenche l'afflux minéral, mais comme cet afflux varie suivant la proximité des fleurs et des fruits, nous allons considérer d'abord cet afflux dans la grappe.

La très jeune grappe est riche en phosphore, mais pauvre en calcium et sodium. L'accroissement rapide qui la prépare à la floraison s'accompagne d'un tel afflux d'eau et d'azote que l'eau représente 87 % de la grappe près de fleurir et les protides presque le tiers du poids sec. Les glucides solubles représentent à peu près l'autre tiers, avec cette différence que les protides sont plus abondants dans les extrémités et les glucides dans les parties centrales. Nous trouvons 30,8 % de glucides solubles dans l'axe de la grappe, 21,6 % dans les pédoncules floraux et 11 % dans les boutons. La proportion d'oses décroît beaucoup plus vite encore et les boutons, plus riches en diastases synthétisantes, n'en contiennent que 65 au lieu de 84 % dans les pédoncules et 88 % dans l'axe central.

L'accroissement de volume qui suit la floraison s'accompagne d'une augmentation du poids sec et d'une diminution d'eau et des substances solubles utilisées pour l'édification des tissus. Dans 20 fruits de 4 à 14 dg qui se formaient au bas d'une grappe nous avons trouvé des taux de glucides variant de 6 à 16 %. Les plus gros sont les plus riches en glucides solubles et présentent le pourcentage d'oses le plus bas : les fruits d'avenir ont des diastases synthétisantes plus actives et leurs oses ne représentent que 70 % des glucides au lieu de 90 % et plus dans les fruits près d'avorter. Les protides sont moins significatifs : dès la floraison, ils baissent, principalement dans le bas de la grappe, car ils se localisent surtout dans les extrémités. Ils enrichiront de préférence les fruits les plus hauts placés : les fruits d'avenir ne sont pas nécessairement les plus riches en protides. Après avoir représenté dans les tout jeunes fruits le cinquième du poids sec, les protides n'en représentent plus que le huitième et bientôt le dixième.

Au cours de ces divers stades qui vont de la toute jeune grappe jusqu'à la « mise en place » des fruits définitifs, nous avons dosé les éléments minéraux et mesuré leur taux par rapport au poids sec.

	Poids sec.	CaO.	MgO.	K_2O.	P_2O_5.	Na_2O.
Grappe très jeune entière........	18	0,17	1,16	3,2	1,82	0,012
Grappe sans fleurs ou fruits :						
Grappe près de fleurir............	13,5	0,5	1,05	5,6	1,15	–
» à moitié fleurie...........	16	0,9	1,7	4,5	1,35	0,215
» en pleine floraison........	23	0,82	1,23	6,2	1,1	0,67
à fleurs fanées...........	22,5	0,54	1,1	3,8	0,4	0,59
Grappe dont les fruits se forment :						
Axe central......................	20	0,58	0,19	1,7	0,53	0,22
Pédoncules......................	20,7	0,38	0,35	2,95	0,56	0,105
Haut stérile.....................	17	0,51	0,4	3,9	0,7	0,067
Grappe à fruits de 2,5 g...........	22	0,24	–	3,0	0,76	0,18
» » 8 g............	21	0,12	0,28	3,75	1,05	0,048
Fleurs :						
Très jeunes boutons..............	17,2	0,27	0,89	2,74	1,3	–
Écloses avec calice...............	15	0,52	1,5	1,48	1,12	0,20
» sans calice................	19,5	0,33	0,94	2,1	0,62	0,10
Jeunes fruits de 0,5 g.............	16,4	0,27	0,25	2,0	0,65	0,072
» » 2,5 g............	17	0,23	–	2,2	0,66	0,024
» » 8 g..............	16	0,105	0,17	1,75	0,68	0,008

Le calcium, rare dans la jeune grappe, augmente rapidement avant la floraison, puis se met à baisser régulièrement.

Le magnésium suit les variations du calcium, avec cette différence qu'il est beaucoup plus abondant au départ.

Le potassium abonde au début, s'accroît encore jusque vers la fin de la floraison, puis baisse progressivement jusqu'au moment où se forment les fruits. Comme le magnésium, il évacue difficilement les parties périssantes de la grappe où nous le trouvons deux fois plus abondant que dans les parties utiles.

Le phosphore, très abondant dans la jeune grappe, décroît jusqu'au moment où, parmi les fleurs fanées, les jeunes fruits prennent leur essor, il augmente alors à nouveau en compagnie du potassium. Minéral des débuts, il abonde dans les tissus les plus vivants.

Le sodium, dont nous ignorons le métabolisme et le rôle, est, pour beaucoup de points, complémentaire du phosphore. Rare dans les débuts, il arrive assez vite, atteint son maximum lorsque tout est fleuri et commence alors une baisse progressive et rapide. Cette baisse n'est pas le signe d'un départ, mais d'une arrivée trop faible ou d'un métabolisme malgré tout

bénéficiaire puisque le fruit de 8 g avec son taux neuf fois inférieur en contient presque deux fois plus que le fruit de 0,5 g. A l'inverse du potassium, le sodium abandonne assez vite les organes sans avenir et la grappe le voit trois fois plus abondant dans sa base que dans son sommet stérile.

Ainsi donc, dans les fleurs que nous considérons ici, le phosphore et l'azote se révèlent comme des éléments précoces, le calcium comme un élément tardif, ainsi que le sodium qui semble pourtant se déplacer facilement. Deux courbes sont typiques, celle du phosphore abondant au début et qui baisse pendant la floraison pour remonter avec les jeunes fruits, et celle du sodium qui monte vite et descend de même après un maximum qui se situe aux environs du minimum du phophore. Le potassium et même l'azote marchent à peu près avec le phosphore, le magnésium et le calcium avec le sodium.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur une huile essentielle de bois de rose de l'Amazonie riche en linalol dextrogyre.* Note de M. **Yves-René Naves**, présentée par M. Marcel Delépine.

Alors que le linalol de l'huile essentielle de bois de rose dite de Cayenne ou de la Guyane est riche en isomère lévogyre, on constate communément que celui de l'essence de bois de rose dite du Brésil, produite en Amazonie, est un mélange à très faible pouvoir rotatoire, le plus souvent lévogyre [1]. C'est ainsi que l'Essential Oil Association of U. S. A. admet que le linalol de cette origine possède un pouvoir rotatoire $\alpha_D = +2°$ à $-2°$ [2].

Or, je viens d'obtenir, au cours de l'examen d'une essence provenant d'arbres de la région de Parintins-Barreirinha, au sud du Paraná do Ramos, fabriquée industriellement dans les conditions les plus banales et reçue des mains du distillateur, des fractions de linalol que j'ai identifiées par l'analyse physique (Eb.; d; n; spectre d'absorption I. R.), ayant $\alpha_D = +6°$ à $+6°,50$.

Afin d'éliminer tout doute sur l'origine du pouvoir rotatoire, j'ai préparé le phényluréthanne du linalol à partir de l'ensemble de ces fractions; ce dérivé a pour $[\alpha]_D$: $+6°,80$ (benzène; $c = 10$) et $+5°,10$ (dioxane; $c = 10$). En comparant ces valeurs à celles observées sur le phényluréthanne du L-linalol [3], on peut admettre que la proportion du D-linalol évaluée sur la base du mélange inactif ou racémique est d'un tiers environ.

L'α-terpinéol contenu dans cette essence est dépourvu de pouvoir rotatoire, comme le confirme l'examen de la préparation de phényluréthanne que j'en ai obtenue. Or, l'on a isolé de l'essence de Cayenne (dont le linalol possède

---

(1) Guenther, *The essential oils*, 4, 1950, p. 191.

(2) *Specifications and standards*, n° 48.

(3) Naves, *Helv. chim. Acta*, 29, 1946, p. 562.

environ 95 % de l'activité rotatoire maximum) ([4]), de l'α-terpinéol ayant $[\alpha]_D = +16°$ ([5]), alors que les énantiomorphes atteignent 100° environ ([6]). On en peut déduire que le D-linalol du bois de rose est soustrait aux conditions dans lesquelles apparaît, soit aux dépens du D, L-linalol, soit à celui d'un progéniteur commun au linalol et à l'α-terpinéol, le dernier de ces deux alcools.

Il semble que l'essence de bois de rose de l'Amazonie provienne d'une seule espèce botanique dont il existerait des races géographiques. Il serait intéressant de rechercher dans quelle mesure l'apparition du D-linalol peut être observée et à quels facteurs elle est susceptible d'être liée, au moins en hypothèse. Il convient de rappeler que tandis que le linaloé du Mexique [*Bursera sp.*, *voir* ([7])] des régions tropicales sèches livre une essence dont la fraction linalolique est lévogyre, l'arbre de la zone côtière humide donne une essence à fraction dextrogyre ([8]). Rappelons aussi que Dupont et Barrault ([9]) ont constaté que la proportion de D-α-pinène pouvait parfois dépasser celle de L-α-pinène dans l'essence de térébenthine du pin maritime, la teneur en L-β-pinène demeurant sensiblement constante.

On ne saurait trop recommander aux analystes étudiant les huiles essentielles de ne négliger aucune des possibilités d'une définition exacte des caractères stéréochimiques des constituants. De telles définitions paraissent pouvoir être utilisées tôt ou tard pour l'approfondissement de notre connaissance de la physiologie végétale. Je rappelle, comme une illustration particulièrement frappante de tels développements, la Note intitulée : *Sur la genèse des constituants terpéniques dans la feuille de l'Oranger bigaradier*, publiée en 1946 ([10]).

IMMUNOLOGIE. — *Installation rapide d'un état de résistance à l'intoxication tétanique expérimentale par l'influence de doses massives d'anatoxine tétanique*. Note (*) de MM. **Marcel Raynaud, Édouard Lemetayer, André Turpin, Louis Nicol** et **Marcel Rouyer**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les doses d'anatoxine employées dans la séro-anatoxithérapie tétanique ([1])

([4]) *Ibid.*, p. 555.
([5]) *Parfums de France*, 7, 1929, p. 260.
([6]) Windaus, Klänhardt et Weinhold, *Zeit. f. physiol. Chem.*, 126, 1923, p. 309; Fuller et Kenyon, *J. chem. Soc.*, 125, 1924, p. 304.
([7]) Guenther, *loc. cit.*, p. 331.
([8]) *Ber. Schimmel*, 1927, p. 67.
([9]) *Bull. Inst. Pin*, 1925, p. 128.
([10]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1053; *voir* également : *Helv. chim. Acta*, 29, 1946, p. 553.

(*) Séance du 13 août 1951.
([1]) G. Ramon et Ch. Zoeller, *Ann. I. P.*, 41, 1927, p. 803; G. Ramon, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 469.

ont pour but d'établir, succédant à l'immunité passive, une immunité active. Celle-ci apparaît lentement (sept à quinze jours). Krech ([2]) a montré chez la Souris, qu'on peut obtenir cependant une immunité plus rapide (3e jour).

E. Lemétayer, L. Nicol, O. Girard, R. Corvazier et M. Cheyroux ([3]) ont montré que les injections spécifiques entraînent un retard dans l'apparition des contractures provoquées par l'injection au même endroit de toxine tétanique, retard dû à la diminution par l'anatoxine du pouvoir adsorbant du nerf vis-à-vis de la toxine et qui est d'autant plus net que la quantité d'anatoxine injectée est plus forte et la valeur floculante plus élevée.

Reprenant ces recherches, nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible de créer un état de résistance élevée et d'installation rapide à l'intoxication tétanique expérimentale sous l'influence de doses massives de l'anatoxine correspondante.

L'anatoxine tétanique purifiée a été préparée soit par la méthode de Pillemer ([4]) suivant les modalités rapportées antérieurement ([5]) ou par précipitation par l'acide trichloracétique, Boivin ([6]), anatoxine titrant 1600 U. F. par milligramme d'azote.

Sur la Souris : à faibles doses, 2 U. F. par jour durant 3 jours, on n'obtient aucune résistance. Avec des doses fortes, on arrive par contre à réaliser une protection de tous les animaux traités (voir tableau). L'injection d'épreuve a été faite soit dans la même patte que pour l'anatoxine, soit dans la patte opposée.

Anatoxine.	Concentration. (*).	Dose totale (**).		Tétanos. localisé.	Tétanos. Généralisé.	Jours. 4e.	Jours. 10e.
Témoins	1 D.M.M. de toxine	–		2e jour	3e jour	20/20	–
Brute	20	60	(1)	4e jour	5e »	0/5	5/5
			(2)	4e »	5e »	0/5	5/5
Brute	62	186	(1)	5e »	Néant	0/5	0/5
			(2)	4e »	6e jour	0/5	0/5
Purifiée (S 3).	20	60	(1)	Néant	Néant	0/5	0/5
			(2)	4e jour	»	0/5	0/5
Purifiée (S 3).	200	600	(1)	Néant	»	0/5	0/5
			(2)	»	»	0/5	0/5

(*) U. F. : cm³.
(**) Nombre total d'U. F. injectées.

([2]) *Zeits f. Immunitästsfors.*, **106**, 1949, p. 241.
([3]) *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 1355, 1357 et 1446, *An. Inst. Past.*, **79**, 1950, p. 672.
([4]) L. Pillemer, R. G. Wittler, J. L. Burrell et D. B. Grossberg, *J. Exp. Med.*, **88**, 1948, p. 205.
([5]) A. Turpin, M. Raynaud et M. Rouyer, *Soc. Franc. Microbiol.*, 5 juillet 1951.
([6]) A. Boivin et Y. Yzard, *C. R. Soc. Biol.*, **124**, 1937, p. 25.

Avec 20 U. F. par jour pendant 3 jours, l'anatoxine brute n'a qu'une action retardatrice alors que l'anatoxine purifiée exerce une protection notable : survie de tous les animaux. Si l'injection d'épreuve est faite dans la patte opposée on observe cependant un tétanos localisé transitoire.

Avec 200 U. F. aucun accident n'est enregistré avec I d. m. m. Des expériences semblables ont été faites sur Cobaye. Il convient d'utiliser des doses très élevées d'anatoxine. Avec 1000 U. F. par jour pendant 3 jours, on obtient une résistance partielle. Cette résistance est plus nette avec 10000 U. F.

On peut interpréter cette résistance de deux façons différentes :

1° L'anatoxine à fortes doses sature les récepteurs tissulaires. La toxine injectée ultérieurement ne pourrait plus se fixer sur les cellules réceptrices.

2° L'anatoxine à forte dose provoque l'apparition d'une immunité très précoce, cette immunité serait d'abord tissulaire (état de résistance à l'intoxication expérimentale sans anticorps circulant décelable) puis très vite humorale. La vitesse d'apparition de l'immunité humorale peut être accélérée par l'emploi de fortes doses d'anatoxine. Cette interprétation semble confirmée par la présence, dès le troisième jour après la première injection, de traces décelables d'antitoxine dans le sang des cobayes traités par 10000 U. F. par jour pendant 3 jours.

La séance est levée à 15 h 20 mn.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 SEPTEMBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Selman Waksman**, Correspondant de l'Académie, qui assiste à la séance.

Celui-ci prend la parole en ces termes :

Dans le sol les microorganismes ne vivent pas à l'état de cultures pures, mais en association; ils s'influencent réciproquement. L'étude de certains antagonismes a conduit à l'obtention d'antibiotiques, dont la production industrielle s'est considérablement développée dans la période récente. Après la pénicilline, les plus importants antibiotiques ont été obtenus à partir d'un groupe d'organismes typiques du sol, les actinomycètes. Le premier d'entre eux, la streptomycine, est actuellement produit sur une grande échelle aux U. S. A. et dans divers autres pays. Elle est largement utilisée dans le traitement de diverses formes de la tuberculose et dans celui de diverses autres maladies infectieuses qui, jusqu'ici, échappaient à toute thérapeutique.

Les droits de fabrication de la streptomycine aux U. S. A. ont été attribués à la Rutgers University et sont utilisés à la construction d'un Institut de Microbiologie. Dans d'autres pays où les sociétés exploitantes ont accepté de payer une redevance analogue, des fondations ont été organisées en vue d'aider le développement de la Microbiologie. La première d'entre elles a été créée en France; elle subventionne déjà un certain nombre de chercheurs. J'espère que c'est là le début d'une collaboration plus étroite entre l'Industrie et les Universités, entre la recherche scientifique et le domaine des applications.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la structure de l'espace-temps et la notion physique du temps dans un champ de gravitation statique.* Note de M. **Jean Becquerel.**

Pour réfuter une objection contre une Note récente, l'auteur rappelle d'abord que la relativité restreinte suffit pour établir que, même dans un système accéléré, la période d'un train d'ondes donne une mesure correcte du temps. Il étend ce résultat à un champ de gravitation, en précisant les conséquences qui résultent de la relativité restreinte et de l'identité entre la masse pesante et la masse inerte.

Dans une Note récente ([1]) il a été sous-entendu que le temps est toujours correctement mesuré par la période d'un train d'ondes monochromatiques (ou par l'inverse de l'énergie $h\nu$ d'un photon) : une telle « horloge » s'introduit tout naturellement en relativité restreinte car les formules de Lorentz sont exigées par l'invariance de forme des équations de Maxwell, quand on passe d'un système galiléen à un autre, et de ce fait comportent la même notion physique du temps que dans la propagation des ondes.

J'ai reçu une lettre dont l'auteur ne conteste pas la relativité restreinte et reconnaît la légitimité de ce mode de mesure du temps dans cette théorie, mais n'est nullement convaincu quand il existe un champ de gravitation : selon lui, on pourrait « *tout aussi bien* », en conservant un espace-temps euclidien, admettre que le cours du temps physique n'est pas ralenti dans un tel champ, et que « l'horloge photonique », devenue inexacte, doit être corrigée en chaque point. Je me propose d'établir que cette interprétation n'a pas de signification physique. La question est importante, car elle met en cause la validité de la théorie einsteinienne de la gravitation.

On sait que la cinématique et la dynamique, dans un système accéléré S′, restent du ressort de la relativité restreinte, en exprimant les longueurs et les durées à l'aide des coordonnées euclidiennes d'un système galiléen S par rapport auquel S′ est en mouvement. C'est ainsi que Einstein a traité le problème d'un disque en rotation, et a établi que la force centrifuge est liée à un ralentissement du temps déduit des formules de Lorentz.

Nous allons examiner un autre cas. Considérons d'abord deux systèmes galiléens S, S′ dont les axes des x, x' sont parallèles, S′ étant animé par rapport à S de la vitesse v parallèle à ces axes. Le carré de l'intervalle élémentaire qui sépare deux événements infiniment voisins se passant sur l'axe des x' a pour expression :

$$ds'^2 = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) c^2\, dt^2 - \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1} dx^2 = c^2\, dt'^2 - dx'^2. \tag{1}$$

([1]) Jean Becquerel, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1617.

Il est essentiel de noter que cet intervalle est ainsi exprimé *avec les coordonnées x, t du système* S, *du point de vue, non pas des observateurs immobiles dans* S, *mais de ceux immobiles dans* S', pour lesquels se manifeste une contraction des longueurs et une dilatation du temps de S.

Cette expression reste exacte pour un observateur lié à un mobile P animé, parallèlement à l'axe des x d'un système galiléen, d'une vitesse v fonction continue du temps t. Bien que ds'^2 cesse d'être euclidien, du fait que nous rapportons les mesures aux coordonnées x, t du système galiléen, nous restons en relativité restreinte. Le temps t' valable pour l'observateur P garde la même signification physique que dans les formules de Lorentz et est correctement mesuré par une horloge photonique.

Considérons maintenant le champ de gravitation statique d'un centre matériel de masse M. Imaginons un espace-temps euclidien E dans lequel ce centre est pris pour origine O des distances r sur un axe Ox, et explorons le champ, depuis l'infini jusqu'à r, à l'aide d'une particule en chute libre. C'est un fait incontestable que l'accélération prise par un corps est indépendante de sa masse; nous sommes ramené au problème précédent, de pure cinématique.

Nous allons approfondir cette question. Adoptons, dans E, la valeur newtonienne de l'accélération : $\gamma = -\mathrm{GM}/r^2$; une particule, ayant une vitesse suivant Ox infiniment petite à distance infinie, possède en arrivant à la distance r du centre gravifique une vitesse :

$$(2) \qquad v^2 = \frac{ac^2}{r}, \qquad \text{en posant} \quad a = \frac{2\mathrm{GM}}{c^2}.$$

La formule (1) devient

$$(3) \qquad ds^2 = \left(1 - \frac{a}{r}\right) c^2\, dt^2 - \left(1 - \frac{a}{r}\right)^{-1} dr^2 = c^2\, d\tau^2 - dl^2;$$

dr est la projection sur Ox de l'arc élémentaire dl d'une parabole $z^2 = 4a(r - a)$. Substituons cette parabole à l'axe Ox : le même ds^2 représente maintenant le carré de l'intervalle entre deux événements infiniment voisins, se passant en deux points de la parabole *fixes* par rapport à O, et dont les projections sont définies par r et $r + dr$.

Ajoutons une dimension spatiale en remplaçant l'axe Ox par un plan Π passant par O et normal à un axe Oz; à chaque droite Ox dans ce plan correspond une parabole, et nous obtenons un paraboloïde, de révolution autour de Oz, dont les plans asymptotes rejetés à l'infini sont parallèles au plan Π, et sur la surface duquel l'élément de longueur est

$$dl^2 = \left(1 - \frac{a}{r}\right)^{-1} dr^2 + r^2\, d\theta^2,$$

r et θ étant les coordonnées polaires de la projection orthographique de la surface du paraboloïde sur le plan Π.

L'extension à trois dimensions est immédiate, en considérant l'infinité des plans Π passant par O dans l'espace euclidien E; l'ensemble des paraboloïdes constitue un *espace non euclidien* E′, dont l'espace asymptote rejeté à l'infini est « parallèle » à E. L'expression complète de ds^2 s'écrit

$$(4) \qquad ds^2 = \left(1 - \frac{2\,\mathrm{GM}}{c^2 r}\right) c^2\,dt^2 - \left(1 - \frac{2\,\mathrm{GM}}{c^2 r}\right)^{-1} dr^2 - r^2\left(d\theta^2 + \sin^2\theta\,d\varphi^2\right);$$

t est le temps infiniment loin du centre gravifique; r, θ, φ sont les coordonnées polaires euclidiennes dans l'espace E.

C'est exactement le ds^2 obtenu par Schwarzschild, en relativité généralisée, pour le champ d'une sphère matérielle en dehors de celle-ci. Sans doute, nous n'avons pas ici une démonstration rigoureuse de cette formule, car nous avons posé *a priori* la valeur de l'accélération γ. Mais l'obligation de respecter la loi de Newton en très haute approximation ne pourrait permettre qu'une retouche excessivement petite de γ, et par suite de ds^2. Nous conserverons donc l'expression (4).

Nous avons fait intervenir deux espaces-temps E et E′. Les raisons profondes pour lesquelles c'est E′ qui est physiquement réel ont été développées autrefois ([2]). Il suffit d'ailleurs de remarquer (comme il a été dit au sujet des paraboles méridiennes) que, dans E′, ds^2 se rapporte aux points *fixes* par rapport à O, et par conséquent donne la description de la structure de l'espace-temps physique. E n'est qu'un espace-temps auxiliaire et fictif, sur lequel on fait une projection (une « carte ») de E′. Les résultats suivants sont ainsi acquis :

1. C'est un fait incontestable que la force de gravitation, *sous son aspect macroscopique et quelle que puisse être sa cause première*, se présente à nous avec les mêmes caractères qu'une force d'inertie.

2. Toute tentative de conserver à l'espace-temps une structure euclidienne dans un champ de gravitation ne peut conduire qu'à une fiction. En particulier, le temps est ralenti, et nous venons de montrer que dans le champ d'un centre matériel le facteur de ralentissement est une extension de $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ des formules de Lorentz : il s'agit bien du temps physique, qui a même signification et même mesure qu'en relativité restreinte. De plus, en un point fixe du champ, la force qui se manifeste et le ralentissement du cours du temps sont deux aspects d'une même réalité.

3. Dans (4), les coordonnées correspondent à une projection orthographique. On peut employer d'autres modes de projection (Eddington, Jean Becquerel) représentant *le même* ds^2, tout comme en géographie on utilise diverses sortes de cartes planes. Mais une carte plane n'est pas une réalité

([2]) Par exemple JEAN BECQUEREL, *Champ de gravitation d'une sphère*, 1923, Hermann, édit.

physique. Transposée en géographie, l'hypothèse de mon correspondant reviendrait à considérer la surface de la Terre comme réellement plane, le mètre devant subir une correction qui dépendrait du lieu et de la direction.

4. Dans cet exposé, nous n'avons pas eu besoin de faire appel à la relativité généralisée. Il n'en est pas moins vrai que cette théorie a un sens bien plus profond que la relativité restreinte. Nous ne citerons qu'un exemple frappant (d'après une lettre d'Einstein) : le fait expérimental qui domine toute la gravitation est l'identité entre la masse pesante et la masse inerte; la relativité généralisée en fait comprendre la raison, alors qu'on se borne à le constater, si l'on s'en tient au groupe de transformations de Lorentz.

MÉCANIQUE. — *L'équilibre élasto-plastique dans le temps.* (I). Note (*) de M. **Gustavo Colonnetti.**

Dans une Note parue dans les *Comptes rendus*, le 12 février 1951 [1], j'ai tâché d'expliquer de quelle manière la théorie de l'équilibre élasto-plastique est appelée à rendre service dans la technique des constructions, même lorsque les déformations plastiques qui dans la théorie paraissent être des constantes (formellement indépendantes des contraintes), sont en réalité des fonctions de nombreuses variables.

Je me propose ici d'analyser de plus près le mécanisme des déformations plastiques et d'établir, dans le cadre même de cette théorie, une formule qui, dans l'évaluation de ces déformations, tienne implicitement compte de leur indépendance des contraintes et du temps.

Il y a en réalité deux types bien différenciés de déformations plastiques qu'il faut prendre en considération. Il y a des déformations plastiques qui suivent immédiatement l'application des charges, là où se vérifie un dépassement de la limite élastique. Et il y a des déformations plastiques qui, au contraire, n'interviennent que plus tard sous l'action prolongée des charges, et même dans les endroits où la limite élastique n'a pas été atteinte.

Pour définir l'état de déformation d'un corps dans un instant quelconque après l'application des charges, il faut donc, à chacune des six composantes de la déformation élastique,

$$\varepsilon_x, \quad \ldots$$

ajouter non seulement la composante correspondante de la déformation plastique *immédiate*

$$\bar{\varepsilon}_x, \quad \ldots,$$

(*) Séance du 27 août 1951.

[1] *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 584.

mais aussi la composante analogue de la déformation plastique *successive* que nous désignerons d'une manière tout à fait générale avec les symboles

$$F\left|\left[\overset{T}{\underset{0}{\varepsilon_x(t)}}\right]\right|, \quad \ldots$$

que Volterra dans sa théorie des phénomènes héréditaires (²) avait choisis pour représenter les quantités qui dépendent de toutes les valeurs prises par des fonctions telles que ε_x dans un intervalle quelconque de temps o, T.

Il est à peine nécessaire de dire que, dans notre cas, l'origine des temps correspond à l'application des charges, et T est l'instant final auquel se rapporte l'état d'équilibre qu'il s'agit de définir.

Suivant Volterra nous admettrons que, certaines conditions étant satisfaites, la fonction F soit développable en une série analogue à celle de Taylor. Si l'on suppose en outre que les termes de cette série d'ordre supérieur au premier soient tous négligeables par rapport aux termes linéaires en ε_x, les composantes de la déformation plastique variable avec le temps prennent la forme

$$\int_0^T \varepsilon_x(t) f_x(t)\, dt, \quad \ldots.$$

A la fonction $f_x(t)$ on pourrait donner le nom de *coefficient de fluage*. Voici en tout cas son interprétation physique : $f_x(t)\,dt$ est le rapport entre la déformation plastique qui s'est produite dans l'intervalle de temps t, $t+dt$ et la déformation élastique correspondante. On pourrait aussi bien dire que $f_x(t)\,dt$ mesure la déformation plastique qui se serait produite dans ce même intervalle de temps en présence d'une déformation élastique unitaire.

La variation de configuration que le corps aura effectivement subie en passant de l'état initial non déformé (à l'origine des temps) à l'état final d'équilibre (à l'instant T), aura donc pour composantes

$$\varepsilon_x(T) + \overline{\varepsilon}_x + \int_0^T \varepsilon_x(t) f_x(t)\, dt, \quad \ldots.$$

Or le principe des travaux virtuels nous autorise à écrire que, dans une telle variation de configuration, le travail de tout système de tensions *en équilibre* sera identiquement égal à zéro.

Comme système de tensions en équilibre nous pouvons évidemment choisir une variation quelconque $\delta\sigma_x$, ..., du système des composantes spéciales de tension qui caractérisent l'état final d'équilibre, pourvu que cette variation soit compatible avec le système donné de forces extérieures, et les équations générales de l'équilibre continuent à être satisfaites.

(²) *Acta mathematica*, 35, p. 295-356.

On arrive ainsi à l'équation

$$\int_V \left[\left(\varepsilon_x(T) + \overrightarrow{\varepsilon_x} + \int_0^T \varepsilon_x(t) f_x(t)\, dt \right) \delta\sigma_x + \ldots \right] dV = 0,$$

et nous verrons dans une prochaine occasion de quelle manière elle peut être utilisée dans l'étude de certains problèmes auxquels la technique moderne des constructions est particulièrement intéressée.

M. **Frederick Stratton** fait hommage d'une Notice nécrologique qu'il a consacrée à **Henri Deslandres**.

M. **George Pólya** adresse à l'Académie un Ouvrage intitulé : *Isoperimetric inequalities in mathematical physics*, écrit en collaboration avec M. G. Szegö.

PLIS CACHETÉS.

M. **Philippe Morin** demande l'ouverture du pli cacheté reçu dans la séance du 4 août 1947 et enregistré sous le n° 12335.

Ce pli ouvert en séance par M. le Président contient une Note intitulée : *Découverte d'un gisement de Wolfram dans le massif du Jebel Tazzeka* (*Maroc*).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc National de l'Upemba. *Contribution à l'étude éthologique des mammifères du Parc national de l'Upemba*, par R. Verheyen (Bruxelles).

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc national Albert. *Mission G. H. de Witte* (1933-1935). Fasc. 73. *Dryinidæ* (Hymenoptera aculeata), *Evaniidæ* (Hymenoptera terebrantia), par P. L. G. Benoit (Tervueren). Fasc. 74. *Dolichopodidæ* (Diptera brachycera orthorrhapha), par P. Vanschuytbroeck (Bruxelles).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les sommations de Césaro d'ordre entier des séries de Weber*. Note (*) de M. **Robert Campbell**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans une précédente Note ([1]) on a recherché les conditions pour lesquelles le développement d'une fonction $f(x)$ en série de la forme $\sum_0^\infty A_n D_n(x)$ est valable et converge uniformément. On se propose dans celle-ci de voir s'il est possible de *sommer* un tel développement, au sens ordinaire de Césaro.

On a vu que, avec certaines conditions qu'on a précisées sur $f(x)$:

$$S_n(x) = \sum_0^n A_n D_n(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{G_n(x, t)}{x-t} f(t)\, dt,$$

où

$$G_n(x, t) = \frac{1}{n!} \begin{vmatrix} D_{n+1}(x) & D_n(x) \\ D_{n+1}(t) & D_n(t) \end{vmatrix};$$

on a alors pour la première somme [procédé (C, 1)] :

$$\sigma_n^1 = \frac{1}{n} \sum_1^{n-1} S_K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{n} \sum_1^{n-1} \frac{G_k(x, t)}{x-t} f(t)\, dt.$$

Or, on a trouvé que

$$G_k(n, t) \underset{k \to \infty}{\sim} \sin \sqrt{k}\,(x-t) + O\left(\frac{1}{\sqrt{k}}\right);$$

un calcul, même asymptotique, du noyau sommatoire, analogue à celui des sommes de Fejer, n'est pas possible si l'on ne sait pas calculer au moins la partie principale pour n grand de $\sum_1^n \sin \sqrt{n}x$. Il est néanmoins possible d'obtenir directement l'expression exacte du noyau de (C, 1) en se servant uniquement de formules relatives aux fonctions D_n.

Ainsi, à partir de

$$(4) \qquad 2D'_n(x) = n\, D_{n-1}(x) - D_{n+1}(x),$$

un calcul simple permet d'écrire

$$(5) \qquad 2\sum_{k=0}^{k=n} G_k(x, t) = G_n(x, t) + \frac{2}{n!} \sum_1^n \begin{vmatrix} D_k(x) & D'_k(x) \\ D_k(t) & D'_k(t) \end{vmatrix} + G_0(x, t).$$

(*) Séance du 3 septembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1024.

où la somme à effectuer s'obtient alors grâce aux formules :

$$(6) \qquad x\,\mathrm{D}_n(x) = \mathrm{D}_{n+1}(x) + n\,\mathrm{D}_{n-1}(x),$$

$$(6') \qquad t\,\mathrm{D}'_n(t) = \mathrm{D}_{n+1}(t) + n\,\mathrm{D}_{n-1}(t) - \mathrm{D}_n(t)$$

(cette dernière étant la dérivée de la précédente).

D'où la valeur cherchée dans la formule (5) :

$$(7) \qquad 2\sum_{k=0}^{k=n} \mathrm{G}_k(x, t) = \mathrm{G}_n(x, t) + \frac{2}{x-t}[\mathrm{H}_n(x, t) + \mathrm{H}_n(t, x)] - 4\frac{\mathrm{G}_n(x, t)}{(x-t)^2},$$

avec

$$\mathrm{H}_n(x, t) = \frac{1}{n!}\begin{vmatrix} \mathrm{D}_{n+1}(x) & \mathrm{D}_n(x) \\ \mathrm{D}'_{n+1}(t) & \mathrm{D}'_n(t) \end{vmatrix}.$$

On en déduit l'expression du noyau $\mathrm{K}_n^1(x, t)$ de (C, 1), qui s'écrit asymptotiquement, pour n grand, en vertu de la formule déjà employée d'Adamoff :

$$(8) \quad \mathrm{K}_n^1(x, t) = \frac{1}{2}\sin\sqrt{n}(x-t) + 2\sqrt{n}\frac{\cos\sqrt{n}(x-t)}{x-t} - 2\frac{\sin\sqrt{n}(x-t)}{(x-t)^2} + \mathrm{O}\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right).$$

Comme dans l'étude de la convergence ordinaire, on montre alors, grâce au changement de variable $\sqrt{n}(x-t) = u$, que

$$(9) \qquad \lim_{n\to\infty}\sigma_n^1(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\lim_{n\to\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{1}{u}\left[\frac{d}{du}\left(\frac{\sin u}{u}\right)\right]f\left(x - \frac{u}{\sqrt{n}}\right)du,$$

quantité qui tend vers la valeur c de $f(x)$ quand n tend vers l'infini, si, pour la valeur de x considérée, la condition suivante, nécessaire et suffisante, est remplie :

$$(10) \qquad \lim_{n\to\infty}\frac{1}{2}\int_0^{\varepsilon}[f(x+t) + f(x-t) - 2c]\,\mathrm{K}_n^1(x, t)\,dt = 0.$$

On en déduit immédiatement que la série $\sum_0^{\infty}\mathrm{A}_n\mathrm{D}_n(x)$ est sommable (C, 1) et représente alors, pour cette valeur de x, la fonction $f(x)$.

[Des conditions de sommabilité concernant uniquement la fonction $f(x)$ et équivalentes à la condition (10), feront l'objet d'une autre étude.] La quantité

$$\overline{\mathrm{K}}_n^1(u) = \frac{1}{u}\left[\frac{d}{du}\left(\frac{\sin u}{u}\right)\right]$$

qui figure dans l'expression (8) de $\sigma_n^1(x)$ étant telle que l'on peut avoir

$$\int_0^a \overline{\mathrm{K}}_n^1(u)\,du > \int_0^{\infty}\overline{\mathrm{K}}_n^1(u)\,du \qquad (|a| < \infty),$$

la sommation précédente, donne lieu à un phénomène de Gibbs.

La somme (C, 2) s'obtient facilement à partir de celle-ci, par le même procédé, en dérivant une seconde fois la formule (6). D'une façon générale les noyaux $K_n^p(x, t)$ introduits par la sommation (C, p) s'obtiennent tous de proche en proche par le même procédé, mais en dérivant p fois (6).

Remarquons que la formule (3) suggère un autre procédé de sommation qui n'est pas de Césaro, mais qui est *régulier* et fournit une méthode K ([2]). Il consiste à remplacer la moyenne de (C, 1) par la moyenne

$$\tau_n(x) = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} S_{k^2}.$$

Les formules de Fejer sont alors applicables et donnent le même noyau que pour les séries de Fourier. La condition (10) demeure (mais avec le nouveau noyau). Il n'y a pas de phénomène de Gibbs.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Les prolongements d'une variété différentiable. I. Calcul des jets, prolongement principal.* Note de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note fait suite à une Note ([1]) antérieure et résume une conférence faite à l'Institut d'Oberwolfach le 19 août 1951. Le jet comme élément fondamental de la géométrie différentielle. Prolongements d'ordre r d'une variété différentiable. Étude des structures fibrées des prolongements. Celles-ci ne dépendent que de la structure fibrée du prolongement principal du premier ordre.

Appelons automorphisme local d'ordre r de l'espace numérique R^n tout homéomorphisme r fois continûment différentiable d'un ouvert de R^n dans R^n, partout de rang n. Soit Λ_n^r le pseudogroupe formé par ces automorphismes. Une structure de r-variété sur V_n est définie par un atlas A de V_n sur R^n compatible ([1]) avec Λ_n^r. Si V_n et V_m sont deux r-variétés, une application f d'un voisinage de $x \in V_n$ dans V_m est appelée r-application au point x si, à l'aide de coordonnées locales admissibles au voisinage de x et de $f(x)$, elle s'exprime par des fonctions f_i admettant des dérivées partielles continues de chaque espèce jusqu'à l'ordre r. Soit $C_x^r(V_n, V_m)$ l'ensemble des fonctions pointées (f, x), où f est une r-application au point $x \in V_n$; soit $C^r(V_n, V_m)$ la réunion $\bigcup_{x \in V_n} C_x(V_n, V_m)$. Deux éléments (f, x) et (g, x) de $C_x^r(V_n, V_m)$ sont dits de même r-classe lorsque $f(x) = g(x)$ et lorsque pour les fonctions f_i et g_i correspondantes les dérivées partielles de même espèce d'ordre r prennent la même valeur en x.

([2]) Hardy et Rogozinsky, *Fourier series*, Cambridge University Press, p. 56.

([1]) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 268. *Voir* aussi : C. Ehresmann, *Sur la théorie des espaces fibrés* (*Colloque de Topologie algébrique*, *C. N. R. S.*, Paris, 1947).

Définition ([2]). — *Appelons r-jet de source x une r-classe X de $C^r_x(V_n, V_m)$, but de X l'image de x par un des éléments de X. Soit $J^r_x(V_n, V_m)$ l'ensemble des r-jets de source x, $J^r(V_n, V_m)$ la réunion $\bigcup_{x \in V_n} J^r_x(V_n, V_m)$. Le r-jet déterminé par $(f, x) \in C^r_x(V_n, V_m)$ se notera $j^r_x f$; la fonction $x \to j^r_x f$, qui est définie dans un voisinage de x et qui se notera $j^r f$, est le r-flot de f.*

Les éléments $(f, x) \in C^r(V_n, V_m)$ et $(g, f(x)) \in C^r(V_m, V_p)$ admettent le composé $(gf, x) \in C^r(V_n, V_p)$. *Cette composition entraîne par passage aux quotients une loi de composition entre r-jets, une deuxième entre r-applications et r-jets, une troisième entre r-jets et r-applications pointées :*

$$j^r_x(gf) = (j^r_{f(x)}g)(j^r_x f) = g(j^r_x f) = (j^r_{f(x)}g)(f, x).$$

Le r-jet de l'application identique de V_n pointée en $x \in V_n$ est le *r-jet neutre* en x; on peut l'identifier à x. Un *r-jet stable* en x est un r-jet de V_n dans V_n de source et de but x. Un *r-jet d'isotropie* en x est un r-jet stable en x et inversible, c'est-à-dire de rang n, rang habituel en x d'un élément du r-jet (nous définirons aussi un rang d'ordre $k \leq r$). Les r-jets d'isotropie en x forment un groupe $L^r_n(V_n, x)$, *groupe d'isotropie infinitésimale en x*, qui est isomorphe au groupe $L^r_n(R^n, 0)$ que nous noterons L^r_n. Le groupe L^1_n s'identifie canoniquement au groupe linéaire homogène L_n de R^n. Le groupe L^r_n est une extension inessentielle de L_n par un groupe résoluble homéomorphe à un espace numérique. L^r_n est une extension de L^{r-1}_n par un groupe isomorphe au groupe additif R^d.

Appelons *p^r-vitesse* dans V_n d'origine x un r-jet de R^p dans V_n de source 0 et de but x; soit $T^r_p(V_n)$ l'ensemble des p^r-vitesses dans V_n. Appelons *p^r-covitesse* de V_n d'origine x un r-jet de V_n dans R^p de source x et de but 0; soit $T^{r*}_p(V_n)$ l'ensemble des p^r-covitesses de V_n. Pour $p = r = 1$ on définit ainsi les *vitesses* et les *covitesses* de V_n, appelées *vecteurs* et *covecteurs*. Soit $L^r_{n,p}$ l'espace des p^r-vitesses de R^n en 0 ou des n^r-covitesses de R^p en 0. L^r_n est un groupe d'opérateurs à gauche sur $L^r_{n,p}$, à droite sur $L^r_{p,n}$. Soit t_x la translation de R^n amenant $x \in R^n$ en 0. L'ensemble $T^r_p(R^n)$ s'identifie canoniquement à $R^n \times L^r_{n,p}$ par $X \to (x, t_x X)$, où X est une p^r-vitesse d'origine x. $T^{r*}_p(R^n)$ s'identifie canoniquement à $R^n \times L^r_{p,n}$. Appelons *r-repère* de V_n une n^r-vitesse de rang n de V_n. L'ensemble $H^r(V_n)$ de ces r-repères est le *prolongement principal d'ordre r* de V_n. Définition analogue du r-corepère et de $H^{r*}(V_n)$.

Pour une application f de V_n dans R^p on appelle *différentielle d'ordre r* en $x \in V_n$ la p^r-covitesse $d^r_x f = j^r_x(t_{f(x)} f)$, t_u désignant toujours la translation dans R^p amenant u en 0. En particulier si f est l'application identique de R^n, $d^r_x f$ se note $d^r x$. La fonction $x \to d^r_x f$ se note $d^r f$. Il lui correspond une appli-

([2]) Les définitions s'appliquent aussi au cas $r = \infty$, au cas analytique réel ou complexe, ainsi qu'au cas algébrique (A^r_n est alors à remplacer par le pseudogroupe des transformations birationnelles de l'espace projectif complexe ou réel sur lui-même, f étant une application algébrique d'une variété algébrique sans singularités V_n dans une autre).

cation de $T^r_q(V_n)$ dans $L^r_{p,q}$, définie par $X \to (d^r_x f)X$, où X est une q^r-vitesse d'origine x.

Soit f une r-application de V_n dans V_n. Par composition, f définit une application de $T^r_p(V_n)$ dans $T^r_p(V_m)$, appelée prolongement de f et désignée encore par f. Le pseudogroupe Λ^r_n se prolonge ainsi à $T^r_p(R^n)$ ou à $T^{r*}_p(R^n)$. Le prolongement de $\varphi \in \Lambda^r_n$ s'écrit :

$$(x, y) \to (\varphi(x), \varphi^r_x y), \qquad \text{où} \quad x \in R^n,\ y \in L^r_{n,p},$$
$$\varphi^r_x = j^r_0(t_{\varphi(x)}\varphi t^{-1}_x) = d^r_x(\varphi t^{-1}_x).$$

L'élément φ^r_x de L^r_n est la *dérivée* d'ordre r de φ en x. L'atlas A admet un prolongement formant un atlas de $T^r_p(V_n)$ sur $T^r_p(R^n) = R_n \times L^r_{n,p}$, compatible avec le prolongement de Λ^r_n. Il détermine sur $T^r_p(V_n)$ une structure fibrée de symbole $T^r_p(V_n, M^r_{n,p}, L^r_n, H^r(V_n))$. Pour $h \in H^r(V_n)$ l'application $y \to hy$ est un isomorphisme de $L^r_{n,p}$ sur une fibre de cette structure fibrée. L'espace fibré principal associé est $H^r(V_n)$, à groupe structural L^r_n. C'est une extension ([3]) de $H^1(V_n)$, associée à l'homomorphisme canonique de L^r_n sur L_n. Le noyau de celui-ci étant homéomorphe à R^k, sa structure fibrée est déterminée à un isomorphisme près par celle de $H^1(V_n)$.

Définition. — *Un prolongement d'ordre r de V_n est un espace fibré associé au prolongement principal* $H^r(V_n)$.

Ce qui précède démontre :

Théorème. — *Les structures fibrées définies sur les prolongements d'ordre r de V_n sont déterminées, à un isomorphisme près, par la structure fibrée du prolongement principal du premier ordre.*

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *La mesure de Hausdorff de la courbe du mouvement brownien à n dimensions.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. *Définitions et notations.* — Soit $\varphi(\rho)$ une fonction continue de la variable positive ρ, s'annulant avec ρ, et croissante, au moins pour ρ assez petit. Soit E un ensemble de points de l'espace à n dimensions. Cherchons à le recouvrir par la réunion de sphères S_ν, de rayons ρ_ν tous inférieurs à un nombre positif ε ($\nu = 1, 2, \ldots$). Dans ces conditions, les valeurs possibles de la somme $\Sigma\varphi(\rho_\nu)$ ont une borne inférieure $m_\varepsilon(E)$, qui peut être nulle, positive, ou infinie, et qui, ε tendant vers zéro, a une limite bien définie $m(E)$, qui peut elle-même être nulle, positive, ou infinie. C'est la *φ-mesure de Hausdorff de* E.

Si E est un arc fini Γ d'une courbe de Jordan, on peut obtenir une *φ-mesure*

([3]) C. Ehresmann, *Les connexions infinitésimales* (*Colloque de Topologie, C. B. R. M.*, Bruxelles, 1950).

majorée, $\mu(\Gamma)$, qui majore $m(\Gamma)$. A cet effet, nous supposerons Γ décomposé en arcs consécutifs γ_ν. Dans ces nouvelles conditions, $\Sigma\varphi(\rho_\nu)$ a une borne inférieure $\mu_\varepsilon(\Gamma) \geqq m_\varepsilon(\Gamma)$, qui a elle-même, ε tendant vers zéro, une limite $\mu(\Gamma) \geqq m(\Gamma)$.

Un paramètre t étant choisi sur Γ, nous appellerons intervalle i (ou i_ν) des intervalles de l'axe des t de la forme $[k/2^h, (k+1)/2^h]$. Si nous restreignons le choix des γ_ν aux arcs dont les images sur l'axe des t sont des intervalles i_ν, $\mu_\varepsilon(\Gamma)$ et $\mu(\Gamma)$ ne peuvent être qu'augmentés. Nous obtenons ainsi de nouvelles majorantes $\overline{\mu}_\varepsilon(\Gamma)$ et $\overline{\mu}(\Gamma)$.

2. *Application au mouvement brownien.* — Nous prendrons pour Γ l'arc $(0, T)$ de la courbe du mouvement brownien à n dimensions $(n \geqq 1)$, et nous restreindrons aux fonctions $\varphi(\rho)$ telles que $\varphi(\rho)/[\rho^2 \log\log(1/\rho)]$ ait, ρ tendant vers zéro, une limite déterminée c (pouvant être nulle ou infinie). Alors :

THÉORÈME 1. — *On a presque sûrement* $\overline{\mu}(\Gamma) = c\lambda_n T$, *$\lambda_n$ étant la plus petite racine positive de la fonction $u(s)$, solution holomorphe à l'origine de l'équation différentielle*

$$2s\frac{d^2u}{ds^2} + n\frac{du}{ds} + u = 0.$$

La démonstration repose sur la recherche des intervalles i_ν, de longueurs $l_\nu = 2^{-h_\nu}$, qui soient des images d'arcs γ_ν pouvant être entourés chacun par une sphère de rayon ρ_ν tel qu'on ait à la fois $\rho_\nu \leqq \varepsilon$ et $\rho_\nu^2 \log\log(1/\rho_\nu) \leqq \lambda l_\nu$. Les points de l'intervalle $(0, T)$ recouverts par ces intervalles i_ν forment un ensemble dont la mesure, quand ε tend vers zéro, tend presque sûrement vers zéro si $\lambda < \lambda_n$ et vers T si $\lambda \geqq \lambda_n$.

THÉORÈME 2. — *On a presque sûrement* $\mu(\Gamma) = ck_n T$, *k_n étant une constante > 0 et $\leqq \lambda_n$.*

3. L'étude de $m(\Gamma)$ est plus difficile, sauf évidemment si $n = 1$, cas où Γ est un segment rectiligne. A chaque sphère S, faisons correspondre l'ensemble $\overline{\gamma}(S)$ des points de Γ intérieurs à S et soit $\gamma(S)$ l'arc de $\overline{\gamma}(S)$ ayant sur l'axe des t la plus grande image. Les images de $\gamma(S)$ et $\overline{\gamma}(S)$ ont des mesures $\Phi(S, \Gamma)$ et $\overline{\Phi}(S, \Gamma)$, dont les bornes supérieures, lorsque S varie, son rayon ρ restant fixe et un point donné de Γ restant à son intérieur, sont des variables aléatoires U_ρ et $\overline{U}_\rho$. On peut dire en gros que $\overline{U}_\rho$ joue dans l'étude de $m(\Gamma)$ le même rôle que U_ρ dans celle de $\mu(\Gamma)$; dans les deux cas, ce qui importe surtout, c'est la probabilité des valeurs de U_ρ, ou $\overline{U}_\rho$, grandes par rapport à sa valeur probable.

Or, pour ρ très petit, $E\{U_\rho\}$ est de l'ordre de grandeur de ρ^2; $E\{\overline{U}_\rho\}$ est du même ordre de grandeur si $n > 2$, mais de celui de $\rho^2\log(1/\rho)$ si $n = 2$. L'analogie que nous venons d'indiquer suggère alors l'énoncé suivant :

si $n > 2$, *le théorème 2 s'applique à* $m(\Gamma)$ *aussi bien qu'à* $\mu(\Gamma)$, *tandis que si* $n = 2$ *il faut remplacer* $\rho^2 \log\log(1/\rho)$ *par* $\rho^2[\log(1/\rho)][\log\log(1/\rho)]$.

Des considérations que nous ne pouvons indiquer ici nous conduisent à croire que la première partie de cet énoncé est exacte; toutefois nous ne l'avons pas démontré. Pour le cas $n = 2$, au contraire, il ne s'agit que d'une suggestion pouvant guider les recherches, et, si l'énoncé est exact, sa démonstration est sans doute plus difficile que dans l'autre cas (¹).

Ce qui est sûr, c'est que $\bar{\mu}(\Gamma)$ majore $m(\Gamma)$. Donc : *si* $\varphi(\rho) = o[\rho^2 \log\log(1/\rho)]$, *en particulier si* $\varphi(\rho) = \rho^2$ *(cas où m est la mesure de Hausdorff d'ordre 2),* $m(\Gamma)$ *est presque sûrement nul.* Cet énoncé, valable quel que soit n, répond à une question qui nous a été posée il y a un an par M. A. Dvoretsky.

THÉORIES PHYSIQUES. — *Les méthodes de la seconde quantification et de l'espace de configuration en théorie relativiste des systèmes de particules. — V. Dérivation de l'équation de Bethe et Salpeter.* Note (*) de M. **Maurice Jean**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les considérations sur le passage de la seconde quantification à l'espace de configuration esquissées dans deux autres Notes (¹) et utilisées pour dériver deux types d'équations relativistes pour le deutéron (²) sont étendues ici de façon à donner une déduction de l'équation de Bethe et Salpeter, à partir de la théorie des champs.

Récemment, Bethe et Salpeter (³) ont proposé un nouveau type d'équation pour décrire les états stationnaires du deutéron. Cette équation n'est pas à proprement parler déduite de la théorie quantique des champs, mais est obtenue par une extension du formalisme de Feynman (⁴). Nous voulons dans l'esprit de notre série de Notes, donner ici une justification de l'équation en la dérivant de la théorie des champs quantifiés sous la forme donnée par Tomonaga-Schwinger. Il nous faut ici modifier la méthode générale utilisée précédemment car la fonction d'ondes introduite par Bethe et Salpeter diffère des fonctions d'ondes conventionnelles (⁵). Nous nous inspirerons plutôt des méthodes

---

(¹) La raison de ce fait est que, si $n > 2$, et si l'hypothèse du texte est exacte, une majoration peu précise de la différence $\bar{U}_\rho - U_\rho$ suffit à prouver que la probabilité des grandes valeurs est sensiblement la même pour U_ρ et pour $\bar{U}_\rho$; si $n = 2$, une telle majoration ne renseigne pas assez exactement sur les grandes valeurs de $\bar{U}_\rho$.

(*) Séance du 13 août 1951.

(¹) M. Jean, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1183 et 1200.

(²) M. Jean, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2405.

(³) *Bull. Amer. Phys. Soc.*, 26, 1951, p. 22 et *Phys. Rev.* (sous presse). M. Lévy nous a fait connaître l'existence de ce travail avant publication.

(⁴) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 749 et 769.

(⁵) Dans la fonction d'ondes $U(x_1\, x_2)$ introduite par Bethe et Salpeter, les deux points x_1 et x_2 ne sont pas nécessairement séparés par une distance du genre espace.

utilisées par Dyson ([6]) et Feynman lui-même dans la preuve de l'équivalence de son formalisme avec celui de la seconde quantification.

Dans le cas de champs sans interaction, le noyau de Feynman a été défini par Dyson à partir de la théorie des champs sous la forme

$$S_F(x-y)=(\Phi_0,\ \varepsilon(xy)\,P(\psi(x)\,\overline{\psi}(y))\Phi_0).$$

Pour définir le noyau $S_F^{(1)}(x_1x_2;\ y_1y_2)$ pour deux nucléons en interaction par l'intermédiaire du champ de méson, nous procéderons par analogie et vérifierons que la grandeur définie coïncide avec le noyau de Feynman. Nous poserons

$$(1)\qquad C_v S_F^{(1)}(x_1x_2;\ y_1y_2)=\big(\Phi_0,\ \varepsilon(x_1x_2y_1y_2)\,P\big(\underline{\psi}(x_1)\,\underline{\psi}(x_2)\,\overline{\underline{\psi}}(y_1)\,\overline{\underline{\psi}}(y_2)\big)\Phi_0\big).$$

L'opérateur de champ $\underline{\psi}(x)$ de la représentation d'Heisenberg est défini à partir de l'opérateur $\psi(x)$ de la représentation d'interaction par

$$\underline{\psi}(x)=U^{-1}[\sigma,\ -\infty]\,\psi(x)\,U[\sigma,\ -\infty],$$

où $U[\sigma,\ -\infty]$ est l'opérateur introduit par Schwinger ([7]), qui satisfait à

$$i\frac{\partial U[\sigma,\ -\infty]}{\partial\sigma(x)}=\mathcal{H}(x)\,U[\sigma,\ -\infty],\qquad U[-\infty,\ -\infty]=1,$$

la surface σ passant par le point x. Le symbole $\varepsilon(x_1x_2y_1y_2)$ est une généralisation de $\varepsilon(x_1x_2)$ et est égal à -1 ou $+1$, suivant que la permutation des temps dans P est paire ou impaire. C_v est la constante introduite par Feynman et est définie ici par

$$\Phi_0[+\infty]=C_v\Phi_0\qquad\text{ou}\qquad C_v=(\Phi_0,\ U[+\infty,\ -\infty]\,\Phi_0).$$

En utilisant le développement

$$U[\sigma_1,\ \sigma_2]=\sum_{m=0}^{\infty}\frac{(-i)^m}{m\,!}\int_{\sigma_1}^{\sigma_2}d^4x_1\ldots\int_{\sigma_1}^{\sigma_2}d^4x_m\,P(\mathcal{H}(x_1)\ldots\mathcal{H}(x_m)),$$

on peut écrire $S_F^{(1)}$ sous une forme qui met en lumière la connection du formalisme de Feynman avec celui de la matrice S. On a en effet

$$C_v S_F^{(1)}(x_1x_2;\ y_1y_2)=\sum_{m=0}^{\infty}\frac{(-i)^m}{m\,!}\varepsilon(x_1x_2;\ y_1y_2)\Big(\Phi_0,\ \int_{-\infty}^{+\infty}dz_1\ldots\int_{-\infty}^{+\infty}dz_m\,P$$
$$\times\big[\psi(x_1)\,\psi(x_2)\,\mathcal{H}(z_1)\ldots\mathcal{H}(z_m)\,\overline{\psi}(y_1)\,\overline{\psi}(y_2)\big]\Phi_0\Big).$$

On constate alors en explicitant le développement que la fonction $S_F^{(1)}$ coïncide avec le noyau $K(x_1x_2;\ y_1y_2)$ de Feynman. Bethe et Salpeter ont montré que ce développement pouvait être condensé en une équation intégrale.

([6]) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 486.
([7]) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 730.

On a, par exemple, au second ordre

$$(2)\qquad S_F^{(I)}(x_1x_2;\, y_1y_2) = S_F(x_1-y_1)\,S_F(x_2-y_2) - \int_{-\infty}^{+\infty} dz_1 \int_{-\infty}^{+\infty} dz_2\; S_F(x_1-z_1)\,S_F(x_2-z_2)\,O^{(1)}O^{(2)}\,\Delta_F(z_1-z_2)\,S_F^{(I)}(z_1z_2,\, y_1y_2).$$

On peut maintenant définir une fonction d'ondes généralisée par analogie avec la façon dont Feynman définit son noyau pour une particule. De même qu'il écrit $K(xy) = \sum_n U_n(x)\,\overline{U}_n(y)$ pour $t_x \supset t_y$ nous poserons

$$(3)\qquad C_\nu S_F^{(I)}(x_1x_2;\, y_1y_2 = \sum_n U_n(x_1x_2)\,\overline{U}_n(y_1y_2) \qquad \text{pour } t_{x_1} \text{ et } t_{x_2} \supset t_{y_1} \text{ et } t_{y_2}.$$

On est donc conduit à définir, en comparant avec (1),

$$(4)\qquad U_n(x_1x_2) = \left(\Phi_0,\ \varepsilon(x_1x_2)\,P\left[\underline{\psi}(x_1)\,\underline{\psi}(x_2)\right]\Phi_n\right),$$

où Φ_n est le vecteur propre de l'énergie totale du système correspondant à la valeur propre E_n. On peut alors montrer que $U_n(x_1\, x_2)$ peut être considérée aussi comme fonction propre pour la même valeur propre. D'autre part on peut justifier en utilisant l'hypothèse de l'ascension adiabatique de la charge que

$$\iint_{\sigma^{(1)}=\sigma^{(2)}=-\infty} \overline{U}_n(x_1\, x_2)\,\gamma_\mu^{(1)}\gamma_\nu^{(2)}\,U_m(x_1\, x_2)\,d\sigma_\mu^{(1)}\,d\sigma_\nu^{(2)} \approx \delta_{nm}.$$

Utilisant (2), (3) et (5) on montre que la fonction d'ondes $U(x_1\, x_2)$ qui décrira les états liés du système de deux nucléons, obéit elle-même à une équation intégrale

$$U(x_1\, x_2) = -\int_{-\infty}^{+\infty} d^4y_1 \int_{-\infty}^{+\infty} d^4y_2\, S_F(x_1-y_1)\,S_F(x_2-y_2)\,O^{(1)}O^{(2)}\,\Delta_F(y_1-y_2)\,U(y_1\, y_2),$$

qui est l'équation de Bethe et Salpeter quand on se limite au second ordre.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la notion de système physique.* Note (*) de Mme **Paulette Destouches-Février**, présentée par M. Louis de Broglie.

La notion de système physique doit respecter les possibilités expérimentales. La composition d'un système est une grandeur observable, non une propriété intrinsèque; elle peut être caractérisée par un seul nombre entier. L'opérateur d'évolution obéit à une équation intégrale.

1. En physique classique, les résultats de mesures peuvent être attribués aux systèmes comme des propriétés intrinsèques; les « systèmes physiques »

(*) Séance du 13 août 1951.

et les « valeurs » des grandeurs sont objectivement déterminés. En physique quantique les systèmes physiques sont considérés comme objectivement déterminés, mais les valeurs des grandeurs ne sont pas indépendantes des processus de mesure. Ainsi il y a une incohérence entre les « systèmes » et leurs propriétés physiques. Ceci n'est pas satisfaisant et systèmes et propriétés doivent tous deux être soumis aux possibilités expérimentales. La notion de « système » peut être rattachée à des processus expérimentaux, car des traces dans une plaque photographique ou une chambre de Wilson permettent, pendant la durée du processus, de considérer un système de corpuscules (en général système avec créations et annihilations). D'autre part nous avons besoin de la notion de « système » comme « objet » servant de support à nos raisonnements et à nos expériences.

2. Dans l'interprétation habituelle, un système possède à chaque instant une composition définie, bien qu'il puisse y avoir des créations et annihilations à certains instants. Cette conception semble inadéquate, car la composition d'un système doit être considérée comme une certaine grandeur observable et par suite ne peut être considérée comme une propriété intrinsèque du système (subjectivation de la notion de composition d'un système). Ceci implique qu'en général l'opérateur d'évolution $\mathfrak{U}$ n'est pas dérivable parce qu'alors il y aurait un hamiltonien; or un hamiltonien correspond à une composition définie du système. Si l'on sait que la composition restera fixée pendant un intervalle (t_1, t_2), alors, pendant cet intervalle, la composition apparaît comme une intégrale première conditionnelle du système; dans ce cas $\mathfrak{U}$ équivaut à un opérateur dérivable. Pour qu'il soit impossible de considérer la composition comme objectivement déterminée, il est nécessaire et suffissant qu'il y ait une grandeur non simultanément mesurable avec la composition; il semble bien que la masse totale du système soit une telle grandeur.

3. Il y a seulement un nombre fini de corpuscules élémentaires (caractérisés par certaines constantes comme la masse et la charge); les corpuscules complexes s'obtiennent par la méthode de fusion; un système déterminé est composé de a corpuscules de la première espèce, b de la deuxième, c de la troisième, etc. *Un nombre entier unique peut décrire la composition d'un système* de la façon suivante : 1° aux espèces de corpuscules élémentaires nous attribuons les premiers « nombres premiers », par exemple 2 au neutrino, 3 à l'électron, 5 au méson μ, 7 au nucléon (par un procédé généralisant celui du spin isotopique on peut aussi réduire tous les corpuscules de spin 1/2 à une seule espèce, alors on lui ferait correspondre le nombre 2); 2° nous attribuons les nombres premiers qui suivent aux corpuscules complexes, par exemple 11 au photon, 13 au méson π, etc. Comme par la méthode de fusion on peut construire des corpuscules complexes d'un spin arbitraire (entier ou demi-entier) aussi élevé qu'on le veut, à chaque nombre premier on peut faire correspondre une certaine espèce de corpuscules. Ainsi *on peut établir une*

correspondance biunivoque entre espèces de corpuscules et nombres premiers. Elle peut être fixée arbitrairement, mais elle l'est une fois pour toutes; 3° un système déterminé qui contient a corpuscules de la première espèce, b de la deuxième, c de la troisième, etc., sera représenté par le nombre entier n ainsi défini :

$$n = 2^a . 3^b . 5^c . 7^d . 11^e . 13^f . \ldots \tag{1}$$

Comme chaque nombre entier peut être écrit d'une seule façon sous cette forme, par cette méthode un et un seul type de système physique correspond à chaque nombre entier n. Alors un système indéterminé quelconque sera décrit par une variable x parcourant l'ensemble des entiers. La grandeur « composition » aura pour valeurs propres les entiers; elle est analogue au spin isotopique, mais avec un spectre infini dénombrable. De cette façon nous avons un procédé formel pour décrire un système indéterminé qui respecte les possibilités expérimentales.

4. *L'espace* $(\mathcal{Y})$ *des éléments de prévision* (*ou fonctions d'ondes*) *d'un système indéterminé peut être défini comme le produit direct de tous les espaces* $(\mathcal{Y}_n)$ *correspondant à la* $n^{\text{ième}}$ *valeur de* x; chaque $(\mathcal{Y}_n)$ est un espace de Hilbert séparable; un anneau de matrices est associé à cette décomposition de $(\mathcal{Y})$. Les propriétés fondamentales de la notion de prévision (¹) conduisent à ce que, pour un système indéterminé, l'opérateur $\mathcal{U}$ obéit à l'équation intégrale

$$\mathcal{U}(t, t_0) = \mathcal{U}_0(t, t_0) + \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau)\, \mathcal{U}(\tau, t_0)\, d\tau, \tag{2}$$

où ici $\mathcal{U}_0(t, t_0)$ est un opérateur pour lequel la composition demeure constante, c'est-à-dire que la décomposition de $(\mathcal{Y})$ en produits $(\mathcal{Y}_j)$ est invariante par rapport à $\mathcal{U}_0$; de plus

$$X_0 \in \mathcal{Y}_j \rightarrow X_0(t) \in \mathcal{Y}_j \quad \text{et} \quad X_0(t) = \mathcal{U}_0(t, t_0)\, X_0 = \mathcal{U}_j(t, t_0)\, X_0, \tag{3}$$

où $\mathcal{U}_j$ est l'opérateur d'évolution du système déterminé correspondant au nombre entier j. Un X_0 est toujours contenu dans un produit fini de $(\mathcal{Y}_n)$ en vertu des principes de l'atomisme. Chaque $\mathcal{U}_j$ est dérivable et $\mathcal{U}_0$ est défini par (3); $\mathcal{U}_0$ caractérise le substratum du système indéterminé général.

On a ainsi les premiers éléments de la théorie du système indéterminé général. Pour aller plus loin il faut déterminer l'opérateur $\mathcal{F}(t, \tau)$ dans le cas général. Des considérations d'invariance relativiste et de théorie des champs quantifiés viennent imposer des conditions à $\mathcal{F}(t, \tau)$.

(¹) P. Destouches-Février, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1742; *La structure des théories physiques*, p. 258-260, (Paris 1951); A. Visconti, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1744.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur les trajectoires d'un signal électromagnétique dans l'ionosphère.* Note de M. **Émile Argence**, présentée par M. Jean Cabannes.

Étude résumée des trajectoires, dans le plan du méridien magnétique, d'un signal hertzien, à partir des expressions approchées de l'indice de réfraction étudiées dans un travail précédent ([1]). Cette étude constitue une solution analytique approchée du problème de Pœverlein ([1]).

1. *Notations.* — Nous utilisons les notations de notre précédent travail ([1]). Nous supposons satisfaites les conditions $\omega_0^2/\omega^2 \leqq 1$ (rayon ordinaire), $\omega_0^2/\omega^2 \leqq 1 - \omega_H/\omega$ (rayon extraordinaire) et nul le nombre de chocs.

2. *Trajectoires à incidence normale.* — Nous avons l'équation différentielle ([1])

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\rho_m^2 \cos^2\delta + \rho_M^2 \sin^2\delta}{(\rho_M^2 - \rho_m^2)\sin\delta\cos\delta}$$

($\rho_m = \mu_m$, $\rho_M = \mu_M$, pour le rayon ordinaire; $\rho_m = n_m$, $\rho_M = n_M$, pour le rayon extraordinaire).

Aux points de réflexion des rayons ordinaire et extraordinaire nous avons

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_0 = \operatorname{tg}\delta \qquad (\omega_0^2 = \omega^2);$$

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_e = -\frac{2 + \operatorname{tg}^2\delta}{\operatorname{tg}\delta} \qquad (\omega_0^2 = \omega^2 - \omega\omega_H)$$

en accord avec les résultats de Cotte ([2]).

En admettant pour loi de variation de la fréquence critique :

$$\omega_0^2 = \omega_c^2\left[2\frac{y}{y_m} - \left(\frac{y}{y_m}\right)^2\right],$$

(y_m, altitude du maximum d'ionisation de la couche; y, altitude évaluée à partir de la base de la couche), nous obtenons :

a. Pour le rayon ordinaire. — Trois types de trajectoires suivant que $\sin^2\delta$ est inférieur, égal ou supérieur à l'expression

$$\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_c^2}\right)\left(\frac{\omega + \omega_H}{\omega_H}\right).$$

Ces trajectoires s'expriment à l'aide des fonctions élémentaires arctg et log. La déviation du rayon sera donnée par la condition $\mu_m = 0$.

b. Pour le rayon extraordinaire. — Nous avons également trois types de

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2080.
([2]) *Notes préliminaires du L. N. R.*, n° **96**.

trajectoires suivant que $\cos^2\delta$ est inférieur, égal ou supérieur à l'expression

$$\frac{\omega}{\omega_H}\left[1-\frac{\omega^2}{\omega_c^2}\left(1-\frac{\omega_H^2}{\omega^2}\right)\right].$$

La déviation est calculée à partir de la relation $\omega_0^2=\omega^2-\omega\omega_H$.

3. *Trajectoires à incidence oblique.* — Nous nous limitons dans ce qui suit au rayon ordinaire ([3]). L'équation différentielle relative au vecteur de Poynting nous conduit à envisager trois types de trajectoires; ceci résulte de la discussion de l'expression

$$y_\alpha=\frac{(\mu_m^2-\mu_M^2)\sin\delta\cos\delta\sin\alpha_0\pm\mu_m\mu_M\sqrt{\mu_M^2\sin^2\delta+\mu_m^2\cos^2\delta-\sin^2\alpha_0}}{\mu_m^2\cos^2\delta+\mu_M^2\sin^2\delta}.$$

a. Si l'on a

$$\sin\alpha_0<\sqrt{\frac{\omega_H}{\omega+\omega_H}}\sin\delta,$$

les trajectoires possèdent un point de rebroussement dont l'ordonnée est donnée par $\mu_m=0$ (cas de *pseudo-réflexion*);

b. pour

$$\sin\alpha_0>\sqrt{\frac{\omega_H}{\omega+\omega_H}}\sin\delta,$$

les trajectoires du signal électromagnétique sont normalement réfractées; l'ordonnée du maximum va décroissant pour α_0 croissant.

c. $\sin\alpha_0=\sqrt{\omega_H/(\omega+\omega_H)}\sin\delta$ définit la trajectoire limite.

Dans le cas où μ_M^2 et μ_m^2 sont des fonctions quadratiques de l'altitude y, les trajectoires peuvent être calculées à l'aide des intégrales hyperelliptiques. Pour une variation linéaire de la densité électronique, l'équation générale s'exprime à l'aide des fonctions de Weierstrass : $\wp$, σ et ζ.

Au voisinage du pôle magnétique ($\delta=\pi$) et de l'équateur magnétique ($\delta=\pi/2$), les trajectoires s'expriment simplement à l'aide des fonctions de Jacobi. Les trajectoires ne présentent aucune singularité au voisinage du pôle.

4. *Applications expérimentales.* — L'étude des trajectoires à incidence normale et à incidence oblique trouve une application importante dans l'examen des sondages ionosphériques effectués durant une éclipse totale de Soleil comme l'a signalé récemment Forsgren ([4]), ainsi que pour l'étude de la microstructure de l'ionosphère particulièrement dans les régions polaires ([5]) et de la transmission d'impulsions à moyenne distance ([6]).

([3]) L'étude des trajectoires relatives au rayon extraordinaire conduit dans le cas général à l'évaluation d'intégrales hyperelliptiques.

([4]) *Trans. of Chalmers University*, Gothenburg, n° 104, 1951.

([5]) J. C. W. Scott, *Journ. Geophys. Res.*, 55, 1950, p. 65.

([6]) C'est-à-dire lorsqu'on admet une petite variation de δ le long de la trajectoire $(\Delta\delta/\delta)^2\simeq 0$.

OPTIQUE. — *Interférence des deux faisceaux émergeant d'une lame de Lummer-Gehrcke.* Note (*) de MM. **Edmond Charron** et **Norbert Segard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons déjà signalé ([1]) l'existence et les principales propriétés des franges F dues à l'interférence des deux faisceaux H et B, composés de 18 faisceaux partiels pratiquement juxtaposés et sortant, sous l'émergence rasante, des deux faces opposées d'une lame de Lummer. Nous donnons ici le principe de leur formation.

Les rayons de H et B qui interfèrent doivent, pour être cohérents, provenir d'un même élément *ds*, parallèle aux franges de la source éclairante. La position de ce *ds* détermine la valeur de l'angle d'émergence géométrique $\alpha_0 (\alpha_0 < 2 \times 10^{-3}$ radian). Les diverses franges F qui proviennent de ce *ds* correspondant à des directions variables autour de α_0 de H et B, il faut faire appel à la diffraction.

I. Formation des franges F dans le plan focal de l'objectif. — 1. *Diffraction de l'un des 18 faisceaux partiels.* — Une première diffraction sur le diaphragme d'entrée le fait sortir de la lame sous l'angle $(\alpha_0 - u_1)$, puis, dans le plan mené par le bout de la lame, une seconde le dévie de u_2. Cette seconde diffraction explique qu'un faisceau du haut puisse donner de la lumière au-dessous de la face supérieure.

Les diffractés ayant subi la même déviation totale $u = u_1 + u_2$ convergent en un même point P du plan focal d'un objectif. Désignons par MN la trace de ce faisceau sur la face supérieure et dans le sens de la lame de Lummer ($MN = l \simeq 6^{mm}$) et considérons un pinceau géométrique dont le rayon inférieur aboutit en un point K tel que $\overline{MK} = x (0 < x < l)$. Parmi tous les diffractés que donne ce pinceau sur le diaphragme d'entrée, le faisceau de diffractés parallèles qui sort de la lame sur une largeur égale à dx en subissant la déviation $u_1 (u_1 < 10^{-1}$ radian) apporte en P une amplitude proportionnelle à $(\alpha_0 - u_1) dx$ et puisque l'ensemble des pinceaux ainsi diffractés entre les directions u_1 et $u_1 + du_1$ donne, en P, une amplitude proportionnelle à du_1 posons cette amplitude égale à $(\alpha_0 - u_1) dx\, du_1$. Le calcul du déphasage de ces diffractés issus de K sur ceux parallèles issus de M permet de connaître la vibration résultante V en P de tous les diffractés provenant du faisceau géométrique caractérisé par α_0. En désignant par b la distance de M à l'extrémité de la lame $(0 < b < 12\,\text{cm})$ on trouve, moyennant certaines approximations

(*) Séance du 13 août 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1411; **230**, 1950, p. 1264.

justifiées par la valeur de α_0

$$V = \int_{x=0}^{x=l} \int_{u_1=-0,1}^{u_1=\alpha_0} (\alpha_0 - u_1)$$

$$\sin\left\{\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}\left[x\alpha_0 u + (b-x)\,uu_1 - \frac{(b-x)\,u_1^2}{2}\right]\right\} dx\,du_1.$$

L'amplitude résultante dépend de b : les 18 faisceaux n'ont donc pas rigoureusement la même intensité. Mais en prenant sur les courbes d'intensité des points homologues obtenus en considérant la direction géométrique, $u = u_1 + u_2 = 0$, on peut ramener le calcul de V à ceux d'intégrales de Fresnel de sinus et de cosinus intégraux et ceux-ci montrent que l'intensité résultante ne subit que des fluctuations insignifiantes lorsque b varie de 1 à 12 cm. Par ailleurs pour $\alpha_0 = 10^{-3}$ le pouvoir réflecteur de la lame étant $1 - 4,1 \times 10^{-3}$, on peut considérer que les 18 faisceaux ont des intensités pratiquement égales.

2. *Composition des 18 faisceaux diffractés sortant d'un même côté de la lame.* — Chacun de ces faisceaux, avec ses diffractés, peut être remplacé par un rayon unique pivotant par diffraction autour de la direction géométrique. Ces rayons résultants sont écartés, à leur sortie de la lame, de l et présentent l'un par rapport à l'autre, en un point P d'une frange F, la différence de marche $\delta \simeq l\alpha_0 u + 2ne\cos r$. Le terme $2ne\cos r$ doit être très voisin de λ pour correspondre à un maximum de Lummer et le champ angulaire du grand maximum de diffraction a la valeur approchée $u = \pm \lambda/18 l\alpha_0$.

3. *Interférence des faisceaux* H *et* B. — H joue le même rôle qu'un rayon R placé au milieu de la lame, pouvant par diffraction pivoter autour de la direction géométrique en son point de rencontre Q avec le plan mené par le bout de la lame et ayant en ce point la phase du rayon géométrique qui y passe. De même B est remplacé par R′ pivotant autour de Q′. R et R′ qui interfèrent en P présentent en Q et Q′ une différence de marche, fonction seulement de α_0, à laquelle s'ajoute celle $(QQ'.\alpha)$, α déterminant P. D'où les franges F de largeur angulaire, à partir du centre optique de l'objectif,

$$\varepsilon = \frac{\lambda}{QQ'} \simeq \frac{\lambda}{e}.$$

Tout cela concerne les franges F produites par une bande horizontale infiniment étroite de la source. Mais on a déjà montré qu'une partie infime de cette source était utile (moins de 1 micron dans le sens normal aux faces de la lame) et l'on peut démontrer que les bandes voisines constituant cette partie utile de la source donnent des systèmes de franges qui ne s'embrouillent pas.

II. Franges F en dehors du plan focal de l'objectif. — Comparables aux franges d'Young les franges F ne sont pas localisées. On peut généraliser les résultats précédents pour expliquer leur formation et retrouver le sens et la valeur des variations de leur interfrange avec le plan d'observation.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la répartition angulaire des fragments de différentes charges émis au cours des explosions nucléaires sous l'action des rayons cosmiques.* Note (*) de M. **Jean Crussard**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Observation des fragments lourds dans les « étoiles » cosmiques des plaques photographiques. Leur direction d'émission est comparée à celle des particules plus légères, α et protons. On remarque une préférence marquée pour l'émission des fragments à moins de 90° du primaire prolongé, même aux faibles énergies.

Divers observateurs ont mis en évidence dans les désintégrations nucléaires produites par les rayons cosmiques dans les plaques photographiques, l'émission de fragments lourds, noyaux de charge $Z \geqq 3$, allant jusqu'à $Z \sim 10$ (1) (2) (3) (4). Les propriétés en ont été étudiées par Perkins (5) pour les fragments lents, et Sörensen (6) pour les noyaux de lithium plus rapides.

Nous avons examiné la direction d'émission de ces fragments aux diverses valeurs de leur énergie cinétique et comparé cette répartition avec celle des particules de $Z = 2$ et $Z = 1$.

Ces observations ont été faites sur des émulsions Ilford G5 de 200 μ d'épaisseur, exposées par ballons à haute altitude (20 à 30 000 m).

Environ 1 200 étoiles de trois à six branches et 2 500 étoiles de sept branches au moins ont été examinées. Dans les premières, aucun fragment lourd certain n'a été vu. Dans les secondes, on a observé 134 fragments de Z compris entre 3 et 8 environ, ayant des énergies cinétiques totales allant de 20 à 150 MeV. Dans les résultats qui suivent, on n'a gardé que le cas des étoiles produites par une particule de charge 1 au minimum d'ionisation (100 fragments).

A. L'identification et l'estimation de l'énergie des fragments a été faite :

1° par la fréquence des rayons δ (ionisation secondaire) de plusieurs dimensions. Les courbes de référence ont été obtenues au moyen de protons et de particules α terminés dans l'émulsion ;

2° par l'amincissement de traces épaisses au départ, terminées en pointe dans l'émulsion (longueurs : 35 à 200 μ). L'amincissement est dû à la capture progressive des électrons et au raccourcissement des rayons δ

(*) Séance du 23 juillet 1951.

(1) Occhialini et Powell, *Nature*, 159, 1947, p. 93.

(2) Bonetti et Dilworth, *Phil. Mag.*, 40, 1949, p. 585.

(3) Hodgson et Perkins, *Nature*, 163, 1949, p. 439.

(4) Sörensen, *Phil. Mag.*, 40, 1949, p. 947.

(5) *Proc. Roy. Soc.*, 203, 1950, p. 399.

(6) *Phil. Mag.*, 42, 1951, p. 188.

B. *Particules* α. — Pour les trajectoires non terminées dans l'émulsion (le tiers environ) l'énergie a été estimée au moyen des rayons δ et de l'aspect de la trajectoire.

C. *Protons* (en fait, cette catégorie comprend sans doute quelques ^2H, ^3H, même mésons π). — Nous avons relevé, dans une partie des étoiles, toutes les trajectoires correspondant à $Z = 1$ ayant une inclinaison de moins de 56° sur le plan de la plaque, et une ionisation d'au moins trois fois le minimum. L'énergie, pour les trajectoires sortant de l'émulsion, a été estimée par comptages de grains, et, pour les protons lents, en se servant qualitativement du scattering et de la fréquence des lacunes.

Les nombres de particules sont les suivants, θ étant l'écart angulaire par rapport au primaire prolongé et ε l'énergie cinétique *par nucléon*.

	Cos θ	-1 à $-\frac{1}{2}$.	$-\frac{1}{2}$ à 0.	0 à $\frac{1}{2}$.	$\frac{1}{2}$ à 1.
Fragments.	$\varepsilon < 5$ MeV	3	4	8	21
	$5 < \varepsilon < 10$ »	3	5	10	23
	$\varepsilon > 10$ »	0	0	2	21
Particules α.	$\varepsilon < 10$ MeV	11	19	15	13
	$10 < \varepsilon < 15$ »	11	9	14	15
	$\varepsilon > 15$ »	2	0	10	10
Protons.	$\varepsilon < 20$ MeV	52	46	43	70
	$20 < \varepsilon < 50$ »	28	24	25	54
	$50 < \varepsilon < 130$ »	8	12	21	41

Pour tenir compte des particules qui échappent à l'observation par suite de leur trop forte inclinaison sur le plan de la plaque, il y a lieu de majorer les chiffres des deux colonnes centrales par rapport à ceux des colonnes extrêmes de 10 % pour les fragments, 28 % pour les α, 7 % pour les protons.

Les principaux traits de ces résultats sont les suivants :

1° Pour chaque catégorie de particules, il existe un seuil d'énergie au-dessus duquel l'anisotropie en faveur de l'avant devient sensible. Plus on dépasse cette énergie, plus la concentration vers l'avant s'accentue. Ce seuil paraît se situer, pour les protons vers 25-30 MeV, pour les α vers 10-12 MeV par nucléon, pour les fragments au-dessous de 5 MeV par nucléon (probablement entre 2 et 4 MeV, suivant la masse du fragment). A partir de 10 MeV par nucléon, les fragments sont très fortement concentrés vers l'avant.

2° La prédominance de l'émission latérale des fragments, observée par Perkins, n'a pas été nettement retrouvée. Il est vrai que les fragments étudiés par Perkins sont sans doute plus lents en moyenne que ceux observés ici.

3° Il n'apparaît pas de discontinuité entre fragments « lents » et fragments « rapides ». Ceci semble indiquer un mécanisme unique, qui devrait aussi expliquer l'émission des α rapides.

4° Les fragments lourds paraissent provenir presque exclusivement des noyaux lourds de l'émulsion. Il n'en est pas de même des α rapides.

L'explication de ces faits paraît difficile. Le processus de fission invoqué par Perkins ne paraît pas pouvoir convenir ici, à cause de la concentration vers l'avant. L'émission se produirait plutôt dans la première phase du phénomène. On est ainsi conduit à imaginer des sortes de collisions, élastiques ou inélastiques, dans lesquelles un fragment entier serait mis en mouvement par le choc d'un nucléon de recul résultant lui-même de l'impact (direct ou indirect) du primaire. On peut voir qu'en première approximation la répartition observée n'est pas incompatible avec de telles collisions.

Mais les nucléons intermédiaires devraient avoir des énergies cinétiques allant d'environ 60 à 400 MeV (dans le cas de chocs élastiques). On conçoit mal le choc de nucléons ayant une longueur d'onde associée $\bar{\lambda} = \lambda/2\pi$ variant entre $0,6$ et $0,2.10^{-13}$ cm sur des fragments d'environ 3.10^{-13} cm de rayon.

De tels événements ne seraient concevables que si les forces de liaison à l'intérieur des grands noyaux devenaient, à certains moments au moins, supérieures aux liaisons généralement admises. Cette hypothèse n'est pas à écarter d'emblée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse élémentaire des mélanges sulfonitriques.* Note (*) de MM. **Maurice Dodé** et **Bernard Schoeps**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'analyse élémentaire d'un mélange sulfonitrique est beaucoup plus difficile qu'on ne l'imagine généralement et les méthodes classiques se révèlent tout à fait insuffisantes lorsque l'on a affaire à un mélange riche en anhydrides. On obtient en effet N_2O_5 et SO_3 au mieux à 1/2 % près et H_2O seulement par différence; vu le faible poids moléculaire de l'eau, une telle analyse ne fournit que des valeurs tout à fait incertaines pour la composition moléculaire du mélange analysé.

La décomposition du mélange sulfonitrique par le Cu au rouge nous a paru devoir permettre à la fois le dosage de H, de S, de N et de O sur une même prise d'essai. L'azote doit en effet se retrouver à l'état libre, le H à l'état d'H_2O, le S à l'état de SO_2, comme dans la métallurgie du Cu, l'O restant demeurant fixé à l'état de Cu_2O.

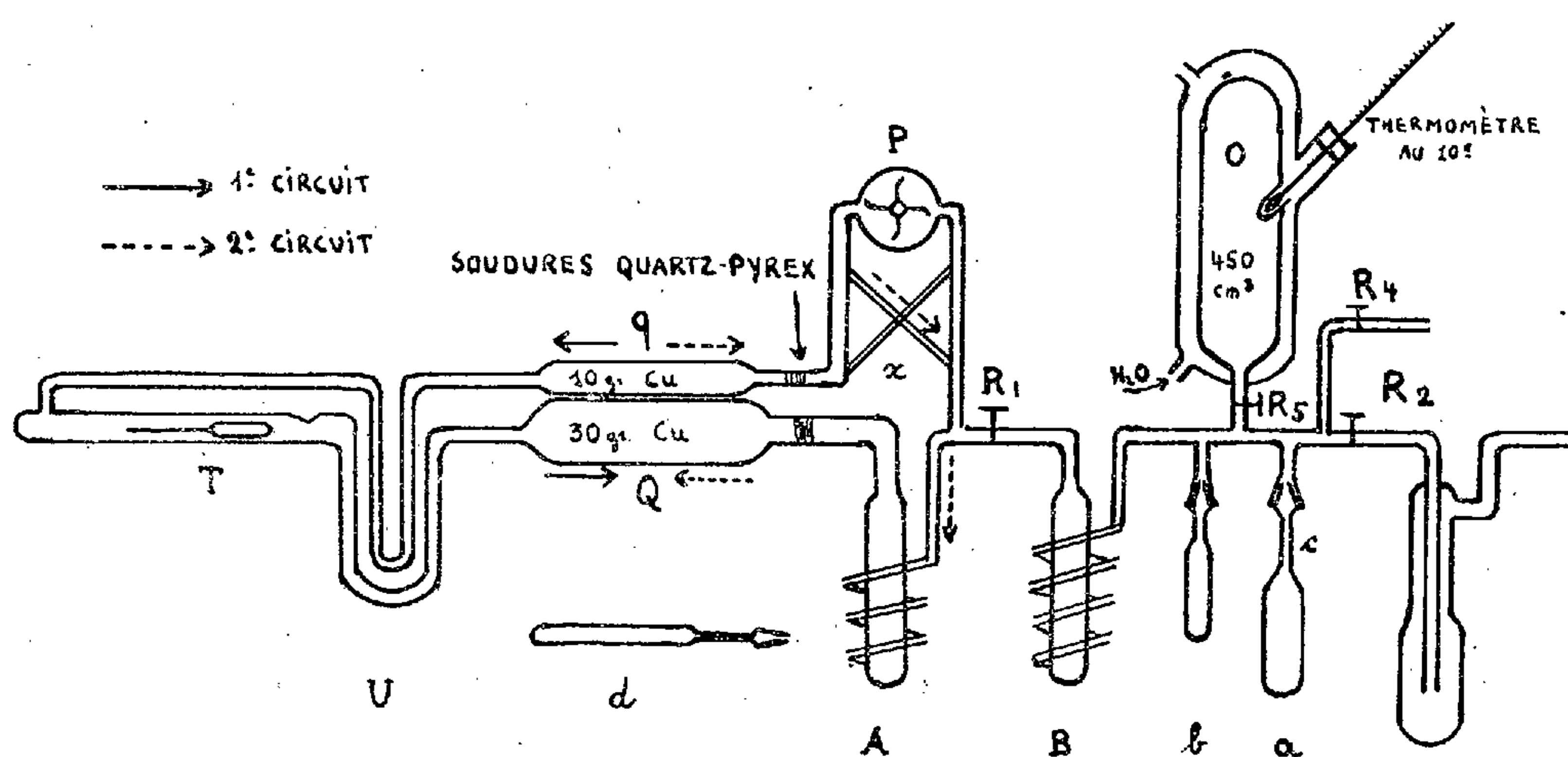
En fait, les choses se sont montrées plus compliquées; la décomposition complète du NO nécessite de nombreux passages sur le Cu; de même, le SO_3 n'est pas complètement détruit en une seule opération et l'on retrouve du SO_4H_2 dans les produits de condensation, produits qu'il faut donc

(*) Séance du 13 août 1951.

renvoyer sur le Cu chauffé. Par ailleurs, le N est retenu en proportion considérable par le Cu réduit et la désulfuration de celui-ci ne se réalise qu'imparfaitement, en raison sans doute de la fixation du S et du O du sulfonitrique en des points trop éloignés les uns des autres. Enfin, le Cu réduit retient des quantités appréciables de H qui viennent fausser considérablement le dosage de l'eau.

On remédie à ces inconvénients en utilisant du Cu partiellement oxydé; de cette façon, le H occlus est éliminé et l'oxydation du S se réalise sans difficulté; de plus, l'expérience montre que le N du sulfonitrique ne se fixe plus sur le Cu en sorte que l'on obtient un dosage très précis du N et du S : le N avec la précision que comporte la lecture des volumes gazeux, soit à 0,2 % près et le S, qui est pesé en SO_2, à 0,1 %. Par contre, l'O ne peut plus être obtenu que par différence entre l'O présent sur le Cu en fin d'opération et l'O introduit au début; on l'obtient néanmoins à 1/2 % près. Quant à l'H_2O, on l'a avec une erreur absolue de l'ordre de 1 mg. L'erreur relative peut donc être très appréciable pour les mélanges pauvres en eau, mais la précision sur le N et le S suffit, même dans ce cas, pour fixer de façon satisfaisante la formule du composé analysé. Peut-être la difficulté du dosage de l'eau provient-elle de ce qu'il faut chauffer très fort pour faire circuler le mélange à analyser et qu'il est de ce fait difficile de réaliser une déshydratation identique des parois avant et après la décomposition du sulfonitrique; la précision obtenue dans le dosage direct de l'eau serait sans doute augmentée par une réduction des dimensions de l'appareil.

Indiquons rapidement le mode opératoire.



L'ampoule étant en place, on réduit la toile de Cu par l'H_2, puis on fait le vide. R_1 étant fermé, on remplit le tube O d'O_2 sous une atmosphère, on ferme R_5 et pompe l'O_2 en excès. On ferme R_2, ouvre R_5 et R_1 et chauffe

lentement le Cu jusqu'à 780°C; l'O_2 s'absorbe complètement. On casse alors l'ampoule par chauffage de sa pointe, les tubes U étant refroidis à —192° afin d'éviter une réaction trop rapide qui fondrait la toile de Cu. A étant à —80°, on réchauffe lentement U tout en actionnant la pompe dans le sens I; H_2O et une partie de SO_2 se condensent en A; le NO est peu à peu réduit en N_2. Quand la substance est passée sur le Cu, on refroidit U et, grâce au dispositif en X ([1]), on fait circuler les gaz dans le sens II, tout en chauffant A, et ainsi de suite alternativement jusqu'à réaction totale. On condense alors SO_2 et H_2O en A à —192°, on ouvre lentement R_1 puis R_2 et pompe le N_2 à la chute. Quand on a le vide, on réchauffe A : SO_2 et H_2O vont en B. On ferme alors R_1 et R_2 et, *a* étant à —192°, on réchauffe B à —80° : SO_2 va en *a*; H_2O reste en B. On scelle *a* en *c* et pèse. On refroidit *b* et réchauffe B : H_2O vient en *b*; on pèse. B étant à —192°, on introduit du H_2 pur par R_1, A et U étant eux-mêmes à —192° pour éviter toute diffusion d'eau vers B. L'absorption du H_2 terminée, on ferme R_1, réchauffe U et condense l'H_2O en A, par circulation du H_2 en excès. On purge B puis, B étant à —192°, on pompe lentement le H_2; le vide obtenu, on réchauffe A puis, comme précédemment, on amène l'eau dans un petit tube *d* mis à la place de *b*, on pèse.

Notons que la méthode paraît susceptible d'applications intéressantes en analyse organique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude cryoscopique de solutions dans la cryolithe fondue de quelques silicates métalliques.* Note (*) de M. **Georges Petit**, présentée par M. Paul Pascal.

Ce travail précise, grâce à la cryoscopie à haute température ([1]), les modifications structurales de quelques silicates métalliques lors de leur dissolution dans la cryolithe fondue; il établit un parallélisme éventuel entre ces modifications, la nature des particules finales et la configuration spatiale de leurs macromolécules telle qu'elle est révélée par les rayons X.

Nous avons étudié quelques silicates naturels typiques à ce point de vue (fayalite, enstatite, émeraude diopside, talc, kaolin, zircon).

La dissolution de ces corps détermine, à la limite de dilution accessible à l'expérience, une dépression du point de fusion suggérant un nombre de particules finales égal à la somme : silice + oxyde ou mélange d'oxydes métalliques.

([1]) B. Schoeps, *Bull. Soc. Chim.*, Séance de Nancy, 21 juin 1951.

(*) Séance du 6 août 1951.

([1]) E. Darmois, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **17**, 1950, p. 1; E. Darmois et M. Rolin, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 933; M. Rolin, *Revue de Métallurgie*, **48**, n° 3, 1951.

Ce résultat nous a suggéré qu'ils se comportaient comme une telle somme. Nous avons donc étudié quelques mélanges intéressants par leurs teneurs en éléments constituants et correspondant à celles de silicates naturels, tels que sphène forstérite, disthène, thorite, auxquels nous avons ajouté le métasilicate de sodium. Nous avons vérifié sur une enstatite naturelle (SiO_2OMg) et sur un mélange artificiel de même composition, l'identité des courbes cryoscopiques obtenues en portant en abscisse les molarités et en ordonnée l'abaissement thermique molaire $\Delta t/m$ ou encore $\Delta t/km$ ($K =$ constante cryoscopique) qui, à la limite, représente le rapport entre les concentrations réelles en particules dissoutes d'une part et leur concentration théorique calculée en supposant que la molécule initiale ne se scinde pas d'autre part.

Tous les silicates examinés *quels qu'ils soient*, naturels ou artificiels, et indépendamment de la structure de leur maille cristalline, se coupent comme précédemment en donnant, à la limite de dilution, de la silice et des oxydes métalliques (voir *fig*. 1, 2, 3).

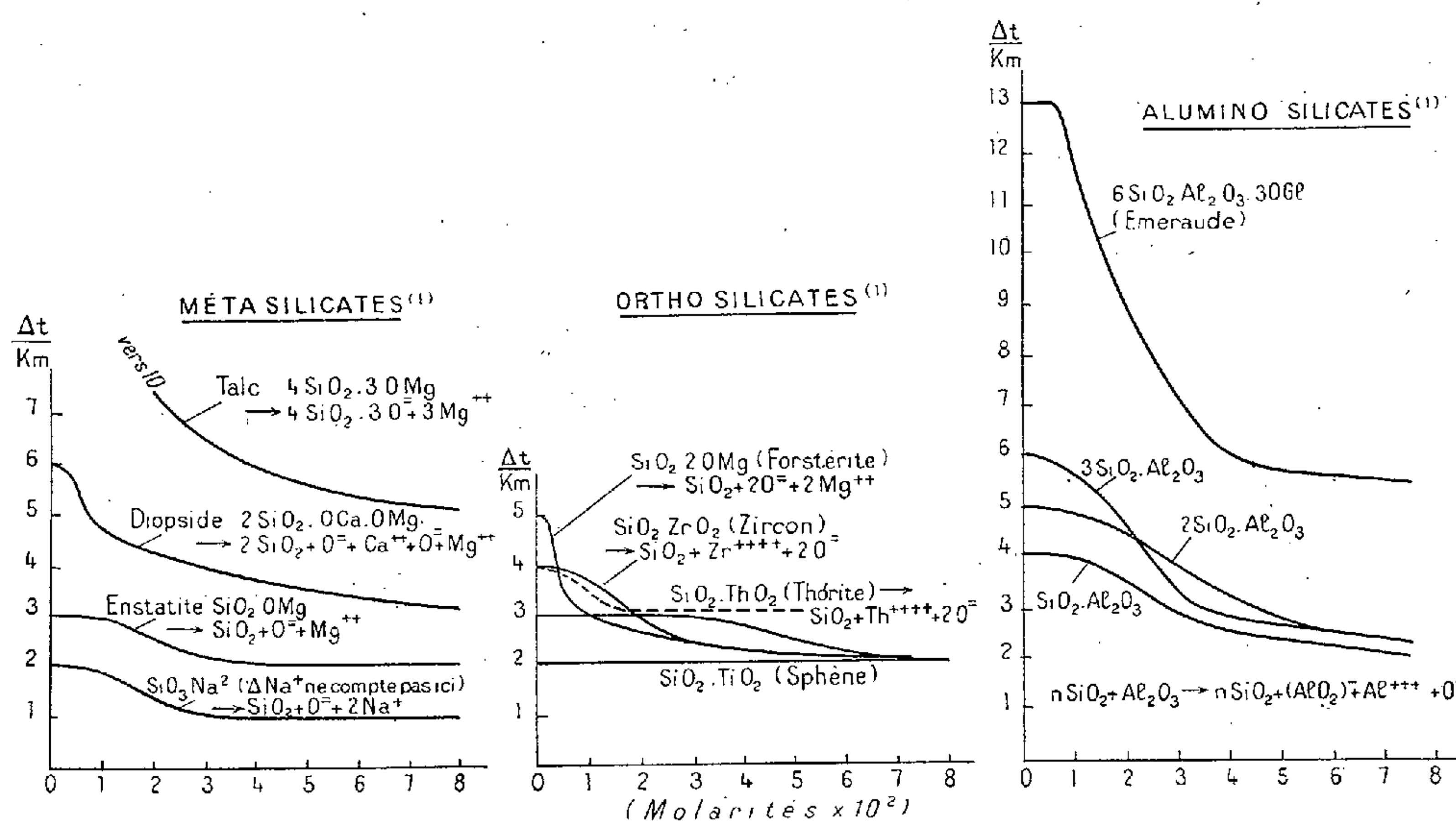


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

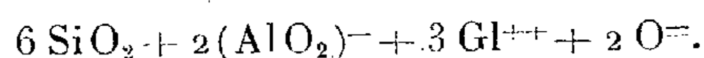
L'émeraude (Béryl) par exemple ($6\,SiO_2.Al_2O_3.3\,OGl$) donne 13 particules, ce qui s'explique en écrivant la suite de réactions :

a. $6\,SiO_2.Al_2O_3.3\,OGl \rightarrow 6\,SiO_2 + Al_2O_3 + 3\,OGl$ (coupure).

b. $Al_2O_3 + 3\,OGl \rightarrow 2(AlO_2)^- + Gl^{++} + 2\,OGl$ (formation d'aluminate).

c. $2\,OGl \rightleftharpoons 2\,Gl^{++} + 2\,O^=$,

ce qui donne finalement 13 particules :

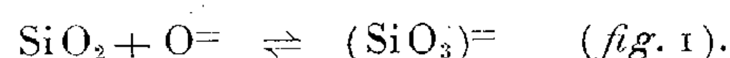


$$6\,SiO_2 + 2(AlO_2)^- + 3\,Gl^{++} + 2\,O^= .$$

Ce résultat est généralisable. Il est en accord avec les résultats obtenus par Rolin d'une part pour l'orthose (2); par cet auteur et par nous-même d'autre part, pour des oxydes métalliques variés (2) (3).

Nous signalerons en outre, à titre de remarque intéressante, l'existence, dans les courbes cryoscopiques des monosilicates, de paliers assez nets qui suggèrent la formation d'un ion métasilicique $(SiO_3)^=$, pour une molarité faible mais non limite.

En particulier le silicate de sodium révélerait l'équilibre



$$SiO_2 + O^= \rightleftharpoons (SiO_3)^= \quad (\textit{fig. } 1).$$

Les courbes obtenues pour les polysilicates (*fig.* 1) et les aluminosilicates (*fig.* 3) ne permettent par contre aucune hypothèse.

En résumé, les silicates considérés donnent, en solution diluée dans la cryolithe fondue, de la silice et les oxydes métalliques correspondants.

SPECTROCHIMIE. — *Réactions chimiques étudiées par spectrographie infrarouge.* Note (*) de M. **Germain Gauthier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Pourvu que l'on choisisse convenablement les conditions d'expériences, la spectrographie infrarouge s'adapte à l'étude cinétique des réactions chimiques, dont l'examen peut difficilement être abordé par les méthodes usuelles. On a ainsi pu analyser le mécanisme de l'hydrogénation catalytique de l'acide propiolique et l'isomérisation des esters diéthyliques maléique et fumarique. Jusqu'ici on connaît quelques exemples d'application de l'infrarouge à des réactions chimiques en phase gazeuse, mais vraiment peu pour des éléments en phase liquide.

1. *Hydrogénation de l'acide propiolique.* — L'acide propiolique a été préparé par la méthode usuelle décrite par Sabathy (1) E_{12} 58 — 59° C. L'hydrogénation s'est effectuée à pression et à température normales, avec du nickel Raney comme catalyseur. On a procédé à des hydrogénations ménagées dans l'alcool méthylique, avec, comme produits de départ, les mêmes quantités d'alcool (40 cm³), d'acide propiolique (1 cm³) et de nickel (2 g). On arrêtait la réaction après absorption de 100, 200, 300 cm³ d'hydrogène. On filtrait le nickel, on distillait sous vide l'alcool et on enregistrait le spectre infrarouge de chaque échantillon dans la région de l'harmonique 2ν des vibrations de valence CH, entre 1,5 et 1,8 μ, sur un spectro-

---

(2) M. Rolin, *Thèse de Doctorat ès sciences physiques*, Paris, 1950 (à paraître).

(3) E. Darmois et G. Petit, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1555.

(*) Séance du 23 juillet 1951.

(1) *Z. phys. Chem.*, B **41**, 1938, p. 183.

graphe à réseau fournissant un pouvoir de résolution de 1 Å dans cette région. La bande CH≡ caractéristique de l'acide propiolique apparaît à 1,539 μ; les bandes CH= de l'acide acrylique à 1,613 et 1,616 μ; les bandes CH— de l'acide propionique à 1,678, 1,688, 1,723 et 1,747 μ. Les dosages ont été faits sur les bandes 1,539, 1,616 et 1,747 μ respectivement pour chaque terme. La figure 1 indique, en fonction du volume d'hydrogène fixé, les concentrations des acides, présents à chaque moment dans la réaction. *La teneur en acide acrylique ne dépasse jamais* 37 % *dans le mélange*. Au moment où la substance a absorbé 30 % de la quantité totale d'hydrogène, la concentration en éthylénique n'augmente plus et se maintient à peu près constante jusqu'à 80 % d'hydrogène fixé. L'éthylénique se forme plus rapidement que le saturé, alors que l'inverse est vrai, si l'on opère dans l'eau et à l'état de sel de sodium.

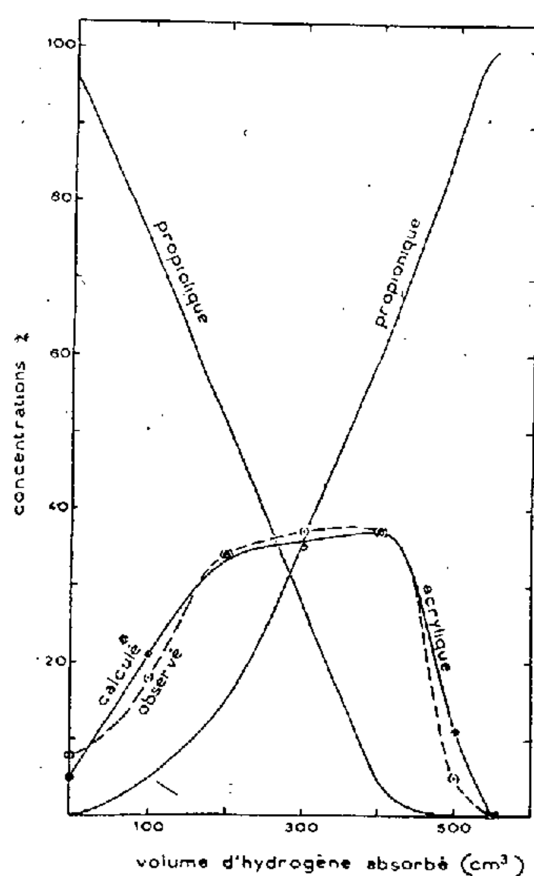


Fig. 1

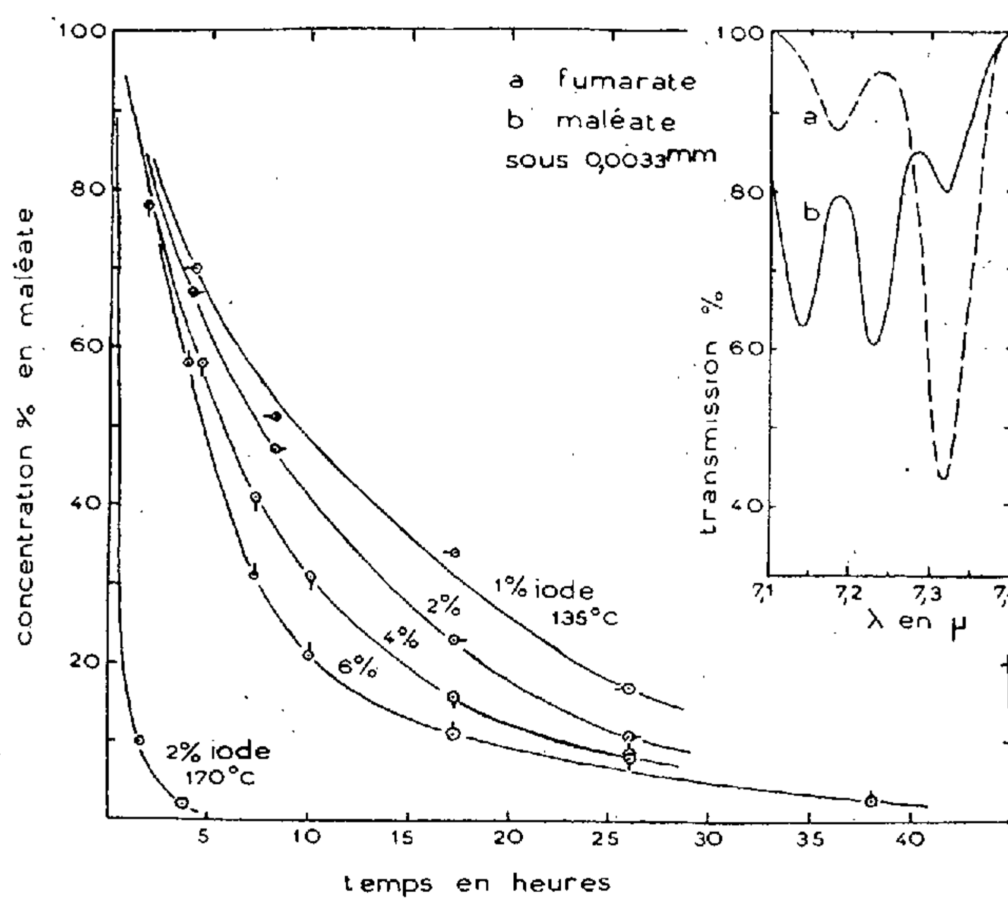


Fig. 2.

2. *Isomérisation maléate-fumarate.* — Alors que cette réaction possède une énergie d'activation de l'ordre de 40 kcal : mol si elle est faite à l'état pur et gazeux ([2]), *on peut en réduire la valeur à* 2,5 kcal : mol *en introduisant des traces d'iode, ou de toute impureté pouvant se fixer temporairement sur la double liaison pour la rendre quasi mobile.* On a préparé des solutions des esters à 1, 2, 4 et 6 % d'iode. Les solutions ont été mises dans un bain d'huile thermostaté à ± 1° C. On a fait des prélèvements de 0,6 cm³ dans trois séries de mesures à 15°, 135° et 170° C. Les spectres

([2]) KISTIAKOWSKY, NELLES et SMITH, *J. Amer. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 2208; *ibid.*, 56, 1934, p. 638.

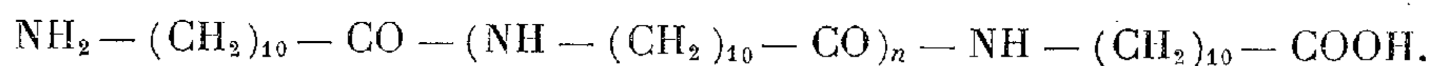
ont été pris sur un spectrographe à prisme de fluorine, entre 7,1 et 7,4 μ, où les deux esters ont chacun deux bandes. Celles à 7,230 et 7,315 μ sont assez intenses et isolées pour permettre le dosage de l'un dans l'autre. Épaisseur des cuves = 0,04 mm (mélange en solution dans CCl_4, à raison de une partie pour 10).

Le maléate, en présence de 6 % d'iode, laissé pendant 27 jours à la température du laboratoire n'a montré aucune isomérisation. Même absence d'isomérisation pour du maléate sans iode chauffé à 135° C pendant 26 h. On a remarqué qu'une température de 100° C était nécessaire pour mettre en marche la réaction en présence du catalyseur. La figure 2 résume ces résultats. Aux erreurs d'expérience près (2 %), l'isomérisation est complète du maléate au fumarate.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Constante d'équilibre de la réaction de formation du polyundécanamide.* Note (*) de M. **Roland Vergoz**, transmise par M. Pierre Jolibois.

La réaction de polycondensation de l'acide amino-11-undécanoïque en polyundécanamide est exothermique, $Q \# 3400$ cal : mol.

Le polyundécanamide est obtenu par polycondensation de l'acide amino-11-undécanoïque $NH_2(CH_2)_{10}CO_2H$ et correspond à la formule



$$NH_2-(CH_2)_{10}-CO-(NH-(CH_2)_{10}-CO)_n-NH-(CH_2)_{10}-COOH.$$

Si l'on appelle N_0 le nombre de groupements amine (ou acide) au temps zéro et N ce nombre au temps t, le degré d'avancement de la réaction est $p=(N_0-N)/N_0$.

Il y a alors N_0p liaisons amide et N_0p molécules d'eau formées. Soit ρ la fraction de ces dernières, qui se trouvent dans le polyundécanamide. La loi d'action de masse s'écrit : $k=\rho p^2/(1-p)^2$.

Le but du présent travail est de mesurer k à différentes températures et d'en déduire la chaleur de réaction qui, dans un domaine de température assez petit pour qu'elle puisse être considérée comme une constante, est donnée par

$$\text{Log}\,k=\frac{Q}{RT}+B.$$

Il suffit de déterminer $x=1/(1-p)$ et ρ pour chaque température et de tracer la droite $\text{Log}\,k=A/T+B$.

Technique expérimentale. — Des essais préalables effectués à 210° montrent que si l'on opère la polycondensation en tube scellé, sous vide, l'équilibre est atteint au bout de 2h.

(*) Séance du 30 juillet 1951.

Environ 700 mg de monomère sont introduits dans un tube qui est scellé sous vide, mis dans une gaine en acier et placé dans un thermostat réglé à la température désirée.

Le tube est retiré, après 24 h, brisé; puis x et ρ sont déterminés de la façon suivante :

1° *Mesure de* ρ. — Environ 400 mg de produit, pulvérisé le plus finement possible, sont mis dans un pèse-filtre et amenés à poids constant sous vide phosphorique à 20°. La perte de poids donne la teneur en eau :

Connaissant x par une autre mesure on en déduit

$$\rho = \frac{\text{poids d'eau restant}}{\text{poids d'eau formée}};$$

2° *Mesure de* x. — *a*. les 300 mg restants sont dissous dans un mélange phénol-alcool et les groupements terminaux NH_2 sont dosés par l'acide chlorhydrique.

Tenant compte de la teneur en eau, on en déduit le degré de polycondensation x_h; l'indice h indiquant que la mesure a été faite sur le produit non desséché.

b. On opère de même sur le produit desséché, ce qui donne x_s, l'indice s se rapportant au produit sec : x_s et x_h diffèrent au plus de 2,2. Vingt mesures ont été effectuées entre 199 et 250° dont on trouvera quelques-unes dans le tableau suivant :

Température (°C).	x_h.	x_s.	ρ.	Log k.
199	29	29,4	0,510	2,617
201	28,3	30,5	0,433	2,526
204	27,5	26,2	0,520	2,536
212	29,4	28	0,394	2,481
224	28,7	30	0,445	2,553
227	30	30,6	0,487	2,622
233	31,8	30,6	0,363	2,521
238	28	28,8	0,495	2,569
242,5	27,7	27,2	0,398	2,444
242,75	26,8	28	0,405	2,450

Si durant la dessiccation il y a polycondensation, la quantité d'eau retirée doit être supérieure à la quantité d'eau qui était simplement retenue, mais étant donné l'ordre de grandeur de $|x_s - x_h|$, l'erreur correspondante est négligeable.

Une série de dix mesures a montré que l'on ne peut pas mettre en évidence une polycondensation durant la dessiccation.

A partir de l'ensemble des données numériques et en utilisant la méthode

des moindres carrés on trouve :

$$\text{Log} k = 2,23 + \frac{1745}{T},$$

d'où $Q = 1745 . R \# 3400$ cal : mol.

La réaction de formation du polyamide est donc exothermique et l'équilibre est d'autant plus favorable à la formation de macromolécules de polyundécanamide que la température de polycondensation est plus basse.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la relation entre la nature et la sensibilité à la corrosion des joints de grains de la solution solide aluminium-magnésium à 7 % de magnésium.* Note de M. **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Albert Portevin.

Le microscope électronique met en évidence des différences morphologiques entre les constituants qui se séparent de la solution solide aluminium-7 % magnésium au revenu à 160 et 250°. Seul, le premier forme une couche continue aux frontières des grains et sensibilise l'alliage à la corrosion intergranulaire. Toutefois, l'attaque semble intéresser la périphérie de ce constituant, alors que la phase formée à 250° se corrode intégralement.

L'étude a porté sur un alliage industriel contenant : Mg, 6,36 % ; Fe, 0,38 % ; Mn, 0,31 % ; Si, 0,14 % ; Cu, 0,015 % ; partiellement homogénéisé 4 h à 475°, filé à la presse à 350-400°, trempé à l'eau, enfin étiré à froid ([1]). Les spécimens sont revenus pendant des temps croissants à 160 et 250°.

L'examen micrographique et la détection de la sensibilité à la corrosion intergranulaire [attaque anodique sous 4 A : dm² en solution NaCl N ([2])] sont effectués sur des surfaces polies électrolytiquement (bain acétoperchlorique le plus souvent).

État initial. — Les joints de grains sont à peine décelables au microscope optique et invisibles au microscope électronique. Le test de corrosion ne provoque que des piqûres superficielles.

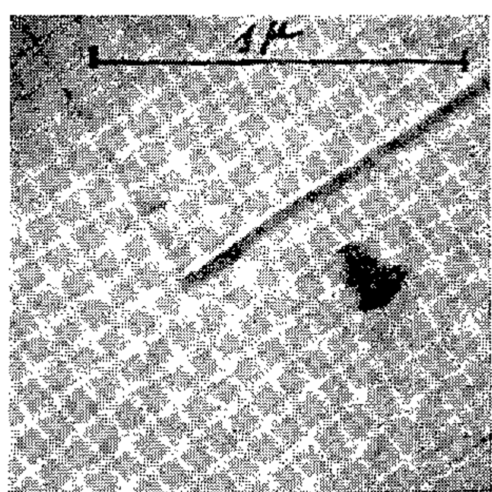
État revenu à 160°. — Dès les premières heures du revenu les micrographies électroniques comportent de très petits éléments intergranulaires (*fig.* A), très souvent accompagnés d'une attaque qui peut provenir du polissage ou de l'oxydation anodique nécessaire à l'obtention de l'empreinte ([3]). Cette attaque se propage vers l'intérieur d'un seul des deux grains et est en relation manifeste avec des plans cristallographiques (*fig.* B). Un aspect très compa-

([1]) Pour l'étude de cet alliage *voir* P. A. Jacquet et Mme A. R. Weill, *Revue de l'Aluminium*, n° 172, 1950, p. 442 ; n° 173, 1951, p. 4 ; *La Metallurgia italiana*, 1951, p. 51.

([2]) E. Herzog, *Thèse*, Lille, 1932 ; H. L. Logan, *Metal Progress*, 57, 1950, p. 211.

([3]) R. Castaing, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1314.

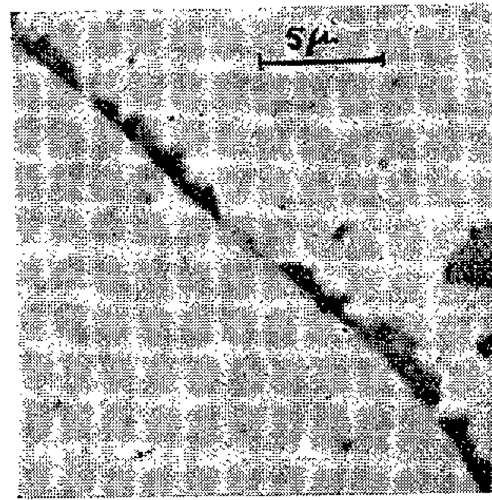
rable est observé avec le microscope ordinaire sur la surface soumise au test anodique (*fig.* C). Au contraire avec les réactifs acides les joints sont uniformément dissous.



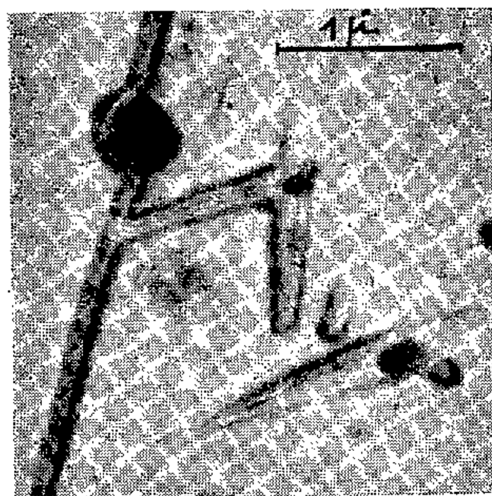
A. (× 30.000).



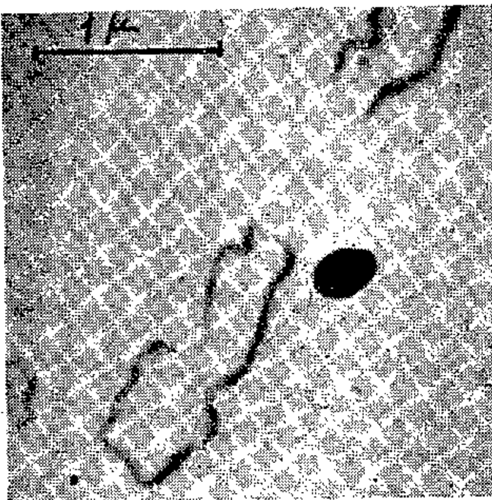
B. (× 15.000).



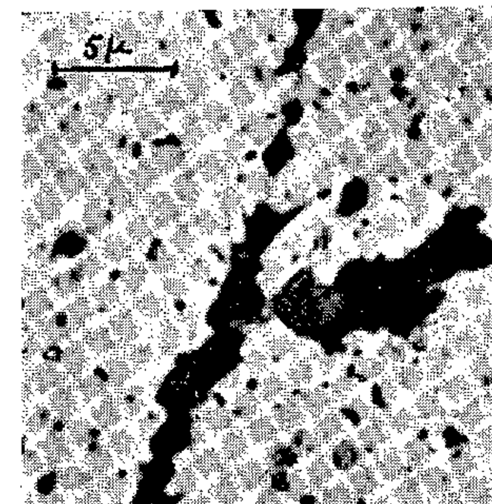
C. (× 2.000).



D. (× 15.000).



E. (× 15.000).



F. (× 2.000).

A. — Revenu 8 h à 160°. Limites de 3 grains contigus.

B. — Revenu 18 h à 160°. Joint intergranulaire légèrement attaqué au cours du polissage (bain ClO_4H-alcool-butylcellosolve).

C. — Revenu 18 h à 160°. Figures de corrosion intergranulaires se développant d'un seul côté du joint (*cf.* B).

D. — Revenu 273 h à 160°. Constituant intergranulaire continu présentant un prolongement dont les 2 segments sont parallèles à 2 plaquettes intragranulaires voisines (*cf.* B).

E. — Revenu 2 h à 250°. Plaquettes de constituants chevauchant un joint de grain.

F. — Revenu 2 h à 250°. Figures de corrosion chevauchant les joints de grains et prenant dans la solution solide les orientations déjà marquées à la périphérie des constituants sur lesquels elles s'amorcent (*cf.* E).

A partir de 100-200 h, le constituant forme sur tous les joints une couche continue, dont la largeur moyenne varie peu ensuite, qui présente des crêtes ou prolongements orientés (*fig.* D) rappelant le cheminement de l'attaque sélective aux stades antérieurs. Le précipité apparaît dans les grains vers 75 h, sous forme de plaquettes d'orientation très variable possédant une sous-structure d'origine inconnue.

L'attaque anodique provoque une fissuration intergranulaire profonde de tous les spécimens traités à 160° (30 mn à 2000 h).

Revenu à 250°. — Dès le début une phase se sépare sur les frontières des grains en plaquettes dont les contours suggèrent qu'elles se sont développées en relation avec les réseaux des deux grains adjacents (*fig.* E). Elles apparaissent simultanément dans la masse des grains et ne montrent pas de sous-structure.

Le test anodique donne des figures de corrosion amorcées sur les constituants et qui chevauchent les joints. Leur forme (*fig.* F) présente, ici encore une analogie avec les images électroniques. Pour des revenus de 1 à 184 h l'alliage n'a aucune sensibilité appréciable à la corrosion fissurante.

Conclusion. — Les constituants qui apparaissent pendant le revenu aux températures de 160 et 250° sont morphologiquement différenciés, ce qui tend à confirmer qu'il ne s'agit pas de la même phase ([4]). Des deux traitements, seul celui à 160° sensibilise l'alliage à la corrosion fissurante, et il semble que l'attaque n'intéresse pas le constituant lui-même, mais la matrice qui l'environne. Au contraire la phase formée à 250° peut s'attaquer intégralement.

Ces différences traduiraient les mécanismes respectifs de décomposition de la solution solide à 7 % de Mg aux températures inférieures et supérieures à 200° environ ([5]).

CHIMIE THÉORIQUE. — *Définition des charges, moments dipolaires et moments de transition après introduction de l'interaction de configuration.* Note (*) de MM. **Raymond Daudel** et **Alexandre Laforgue**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le moment dipolaire $\vec{\mu}_p$ d'une configuration L.C.A.O défini par les fonctions d'onde :

$$\varphi_{ip}(i) = \sum_j c_{ijp} \psi_j(i)$$

s'écrit :

$$\vec{\mu}_p = \sum_i \int \varphi_{1p}(1)\, \varphi_{2p}(2) \ldots \varphi_{ip}(i) \ldots \vec{r}_i \varphi_{1p}(1)\, \varphi_{2p}(2) \ldots \varphi_{ip}(i) \ldots d\tau_1 d\tau_2 \ldots d\tau_i \ldots$$
$$= \sum_i \sum_{j,k} c_{ijp} c_{ikp} \int \psi_j(i)\, \vec{r}_i \psi_k(i)\, d\tau_i.$$

Le moment de transition $\vec{\lambda}_{pq}$ de la configuration p à la configuration q

([4]) P. Lacombe, *Thèse*, Paris, 1943; *Rev. Métallurgie*, 41, 1944, p. 180, 217, 250.
([5]) E. C. W. Perryman et G. B. Brook, *J. Inst. Metals*, 79, 1951, p. 19.

(*) Séance du 6 août 1951.

s'écrit :

$$\vec{\lambda}_{pq} = \sum_{j,k} c_{jp} c_{kq} \int \psi_j(i)\, \vec{r}_i \psi_k(i)\, d\tau_i,$$

où c_{jp} et c_{kq} représentent les coefficients des orbitales différentes dans la configuration p et la configuration q et i la coordonnée de l'électron correspondant (on aurait $\vec{\lambda}_{pq} = 0$ si p et q différaient par plus d'une orbitale).

Si $\psi_j \psi_k$ possède un centre de symétrie représentable par un rayon vecteur $\vec{r}_{jk}$ on montre que

$$\vec{\mu}_p = \sum_l q_{lp} \vec{r}_{ll} \quad \text{et} \quad \vec{\lambda}_{pq} = \sum_l m_{lpq} \vec{r}_{ll},$$

en posant :

a. pour la charge q_{lp} de l'atome l dans la configuration p

$$q_{lp} = \sum_i \left\{ |c_{ilp}|^2 + \sum_{j \neq l} c_{ijp} c_{ilp} S_{jl} \right\} \quad (^1),$$

où S_{jl} est l'intégrale de recouvrement de ψ_j et ψ_l;

b. pour *la mutabilité m_{lpq} de l'atome l dans la transition $p \to q$* (contribution de l'atome l à $\vec{\lambda}_{pq}$)

$$m_{lpq} = c_{lp} c_{lq} + \sum_{j \neq l} c_{jp} c_{lq} S_{jl}.$$

On démontre [2] que toute grandeur G_{pq} de la forme

$$G_{pq} = \sum_i \int \Phi_q H_i \Phi_p \, d\tau,$$

où H_i est un opérateur agissant seulement sur i et où

$$\Phi_p = \varphi_{1p}(1)\, \varphi_{2p}(2) \ldots \Phi_q = \varphi_{1q}(1)\, \varphi_{2q}(2) \ldots$$

(l'ensemble des φ formant un système orthonormé) est insensible à l'antisymétrisation des Φ.

On voit aisément que $\vec{\mu}_p$ et $\vec{\lambda}_{pq}$ sont des G_{pq}. De sorte que les formules signalées jusqu'ici sont valables après antisymétrisation des Φ.

Introduisons maintenant les interactions de configuration en définissant les

---

(1) MULLIKEN, *J. de Chimie Physique*, 46, 1949, p. 680.

(2) A. Laforgue a démontré ce théorème dans le cas du moment polaire (Conf. du Séminaire L. de Broglie, mai 1951).

grandeurs à partir de fonctions telles que

$$\Psi_P = \sum_p s_{pP} \Phi_p \quad (^3),$$

il vient

$$\vec{\mu}_P = \sum_p s_{pP}^2 \vec{\mu}_p + \sum_{\substack{p,q \\ p \neq q}} s_{pP} s_{qP} \vec{\lambda}_{pq},$$

$$\vec{\lambda}_{PQ} = \sum_p s_{pP} s_{pQ} \vec{\mu}_p + \sum_{\substack{p,q \\ p \neq q}} s_{pP} s_{qQ} \vec{\lambda}_{pq},$$

ou encore si les $\Psi_j \Psi_k$ possèdent des centres de symétrie :

$$\vec{\mu}_P = \sum_l q_{lP} \vec{r}_{ll} \quad \text{et} \quad \vec{\lambda}_{PQ} = \sum_l m_{lPQ} \vec{r}_{ll},$$

en définissant la charge q_{lP} d'un atome dans l'état P et sa mutabilité m_{lPQ} dans la transition P $\rightarrow$ Q par les formules

$$q_{lP} = \sum_{\substack{p,q \\ p \neq q}} (s_{pP}^2 q_{lp} + s_{pP} s_{qP} m_{lpq}),$$

$$m_{lPQ} = \sum_{\substack{p,q \\ p \neq q}} (s_{pP} s_{pQ} q_{lp} + s_{pP} s_{qQ} m_{lpq}).$$

CHIMIE THÉORIQUE. — *Les diagrammes moléculaires de l'acide benzoïque, de l'acide p-nitrobenzoïque et de l'acide p-aminobenzoïque.* Note (*) de M. **Ladislas Szabö**, présentée par M. Louis de Broglie.

Peu de travail a été fait depuis les premiers travaux de G. W. Wheland et L. Pauling [1] en ce qui concerne les diagrammes moléculaires des corps qui dérivent du benzène par la substitution des groupes — NO_2 ou — COOH.

Nous avons évalué ces diagrammes moléculaires dans le cas de l'acide benzoïque, de l'acide *p*-nitrobenzoïque et de l'acide *p*-aminobenzoïque.

Pour le faire nous avons utilisé la méthode usuelle des orbitales moléculaires en négligeant les intégrales de recouvrement, mettant toutes les intégrales de résonance β entre atomes contigus, égales, et en prenant pour les intégrales

---

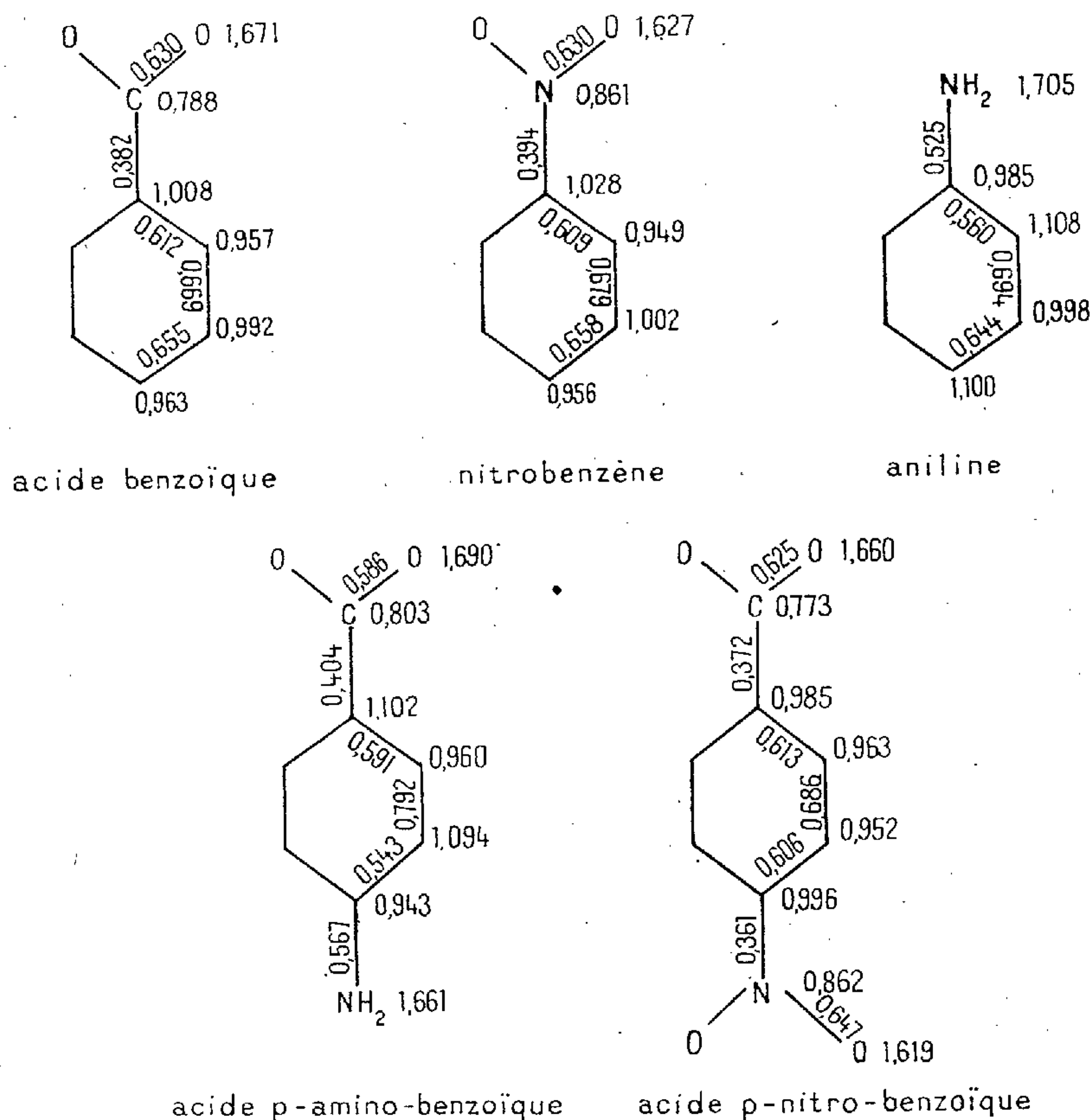
(3) C. Sándorfy nous a signalé la nécessité d'insister sur le fait qu'une configuration est alors définie comme une organisation d'électrons sur les niveaux L. C. A. O compte tenu du spin.

(*) Séance du 3 septembre 1951.

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2086.

coulombiennes $\alpha_C = 0$, $\alpha_N = 0{,}5\,\beta$, $\alpha_O = 1\,\beta$ et $\alpha_{C_N} = 0{,}05\,\beta$ pour les carbones qui sont liés à un azote et $\alpha_{C_O} = 0{,}2\,\beta$ pour les carbones qui sont liés à deux atomes d'oxygène. Voici les diagrammes moléculaires de ces corps.

A titre de comparaison nous donnons les diagrammes du nitrobenzène évalué par J. I. Fernandez Alonso avec les mêmes intégrales ([2]), et celui de l'aniline interpolé d'une série de diagrammes de C. Sandorfy ([3]).



Il résulte de la comparaison des diagrammes de l'acide benzoïque et du nitrobenzène qu'un second substituant électrophile, contrairement à ce qui se produit dans le cas de l'aniline, devrait attaquer de préférence en position méta et que l'effet orientant du groupe nitro doit être un peu plus fort que celui du groupe carboxyle.

Conformément à cela on trouve dans l'acide *p*-nitrobenzoïque la plus grande charge positive en position méta par rapport au carbone qui porte le carboxyle, par conséquent un second substituant électrophile doit attaquer en méta par rapport au groupe nitro.

([2]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 403.

([3]) *Bull. Soc. Chim. France*, **16**, 1949, p. 615.

Le phénomène général que l'on observe sur le diagramme de l'acide *p*-aminobenzoïque est la forte migration des électrons de l'amine vers le carboxyle. En effet l'azote de l'amine a tendance à envoyer des électrons vers le noyau benzénique et le carboxyle à en enlever. Ces deux tendances agissent ici dans le même sens à cause de la position relative des deux substituants.

Si nous examinons maintenant les quatre positions disponibles pour une substitution (3, 2, 3′, 2′), nous voyons tout de suite que les atomes 3 et 3′ portent des charges négatives très élevées, par conséquent c'est à ces endroits qu'il faut attendre l'attaque d'un réactif électrophile comme celui du groupe NO_2^+ qui intervient dans la nitration ([4]). Cette prévision est en accord parfait avec l'expérience, comme la nitration de l'acide *p*-aminobenzoïque conduit à l'acide 3-nitro-4-aminobenzoïque. Au cours de la nitration, il y aura d'abord une formation de sel entre le groupement $—NH_2$ et l'acide. Dans ce cas le groupe amine enverra moins d'électrons dans le noyau. Si sa paire d'électrons est entièrement liée par cette formation de sel, le diagramme de l'acide *p*-aminobenzoïque revêtira la forme de celui de l'acide benzoïque; mais même dans ce cas ce sera la position ortho par rapport à l'amine, qui sera la plus négative. Donc de toute façon les réactifs électrophiles doivent attaquer à cet endroit.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le cours des réactions de Friedel-Crafts chez l'ortho et la méta-toluidine* N-*acétylées*. Note MM. **N. P. Buu-Hoï**, **Bernard Eckert** et **René Royer**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il est montré que les réactions de Friedel-Crafts, effectuées sur la N-acétyl-*o*-toluidine, conduisent à une substitution en *para* par rapport au méthyle lorsqu'on utilise les chlorures d'acides et le chlorure d'aluminium; par contre, dans le cas de la N-acétyl-*m*-toluidine, la substitution a lieu en *para* par rapport au groupe amino.

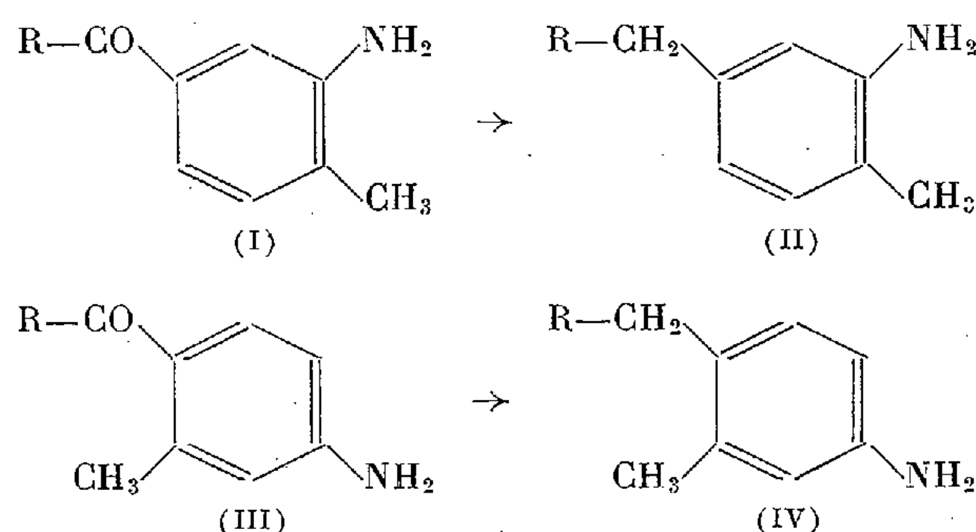
Nous avons indiqué récemment ([1]) une méthode de synthèse des dialcoyl-2.5 anilines dissymétriques pures, basée sur la réduction par la technique de Kishner-Huang-Minlon, d'aminocétones de formule générale $R—CO—Ar—NH_2$, elles-mêmes préparées par réduction des cétones nitrées correspondantes. Nous nous sommes demandé si de telles aminocétones ne pourraient pas être préparées plus directement par la réaction de Friedel-Crafts, en faisant agir, sur des homologues de l'aniline (préalablement N-acétylées), des chlorures d'acides en présence du chlorure d'aluminium.

L'expérience, réalisée avec la N-acétyl-*o*-toluidine et le chlorure d'acétyle, a conduit, après hydrolyse de la fonction amide, à la *méthyl-2 acétyl- 5 aniline*

([4]) C. K. Ingold, *Les réactions de la Chimie organique*, Paris, 1944.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1536.

(I; R = CH_3) déjà connue; de même, le chlorure de propionyle a fourni la *méthyl-2 propionyl-5 aniline* (I; R = C_2H_5) également connue [1]. La *méthyl-2 n-butyroyl-5 aniline* (I; R = n-C_3H_7) (paillettes incolores, brillantes, F 58°, $É_{13}$ 186-187°), et la *méthyl-2 n-hexanoyl-5 aniline* (I; R = n-C_5H_{11}) (huile jaune pâle, visqueuse, $É_{13}$ 209-210°, $n^{24°}$ 1,5250), obtenues de façon analogue à partir des chlorures de n-butyroyle et de caproyle, sont inédites.



La réduction des cétones précédentes par la méthode de Kishner-Huang-Minlon, conduit aisément aux homologues suivants de l'aniline : la *méthyl-2 éthyl-5 aniline* (II; R = CH_3), $n^{23°}$ 1,5475 et la *méthyl-2 n-propyl-5 aniline* (II; R = C_2H_5), $n^{23°,5}$ 1,5415 déjà connues; la *méthyl-2 n-butyl-5 aniline* (II; R = $n - C_3H_7$), (huile jaune ambré, $n^{21°}$ 1,5350, É 250°, dérivé acétylé F 120°) et la *méthyl-2 n-hexyl-5 aniline* (II, R = $n - C_3H_7$) (huile jaune pâle, $n^{24°}$ 1,5250, $É_{13}$ 172-173°, dérivé N-acétylé, F 105°) n'avaient pas encore été décrites.

Il est intéressant de noter que Klingel [2], faisant réagir l'anhydride acétique sur l'o-toluidine en présence de chlorure de zinc, a obtenu la *méthyl-2 acétyl-4 aniline* (F 102°; dérivé acétylé, F 143-144°). Ainsi, la substitution a lieu en *para* par rapport au groupe méthyle lorsqu'on emploie les chlorures d'acétyle et d'aluminium, et en *para* par rapport au groupement amine lorsqu'on fait appel à l'anhydride acétique et au chlorure de zinc. Ce fait étonnant n'est pas sans précédent : ainsi, Bachmann et Cortes [3] acétylant le 3-méthyl-phénanthrène, ont observé que la substitution a lieu en position 9 avec le chlorure d'acétyle, et en position 6 avec l'anhydride acétique.

Contrairement à ce qui se passe avec l'o-toluidine, l'acétylation de la m-toluidine N-acétylée a lieu en *para* par rapport au groupement amine, et conduit à la *méthyl-3 acétyl-4 aniline* (III; R = CH_3) (paillettes incolores, F 96°; $É_{13}$ 177-179°); en effet, l'action du chlorure cuivreux sur le diazoïque de cette cétone conduit à la *méthyl-2 chloro-3 acétophénone*, oxydable par

---

(2) *Ber. deutsch. chem. Ges.*, **18**, 1885, p. 2696.
(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, **65**, 1943, p. 1329.

l'hypobromite de sodium en acide *méthyl-2 chloro-4 benzoïque*, F 170°. Nous avons préparé d'une manière analogue la *méthyl-3 propionyl-4 aniline* (III; $R = C_2H_5$) (paillettes incolores, brillantes F 134°; $É_{13}$ 183-184°), la *méthyl-3 n-butyroyl-4 aniline* (III; $R = n.C_3H_7$) (aiguilles incolores, F 91°; $É_{13}$ 188-189°), et la *méthyl-3 n-octanoyl-4 aniline* (III; $R = n.C_7H_{15}$) (cristallise de la ligroïne en aiguilles incolores F 62°). La réduction de ces 4 aminocétones nous a conduit aisément aux homologues suivants de la *m*-toluidine :

la *méthyl-3 éthyl-4 aniline* (IV; $R = CH_3$) (huile jaune ambré, É 231°; n^{23} 1,5535, dérivé acétylé F 91°); la *méthyl-3 n-propyl-4 aniline*, (IV; $R = C_2H_5$) (huile jaune pâle, É 243°; n^{21} 1,5460; dérivé acétylé F 86°); la *méthyl-3 n-butyl-4 aniline* (IV; $R = n.C_3H_7$); (huile jaune pâle, É 258°; n^{21} 1,5410 dérivé acétylé, F 72°); et la *méthyl-3 n-octyl-4 aniline* (IV; $R = n.C_7H_{15}$) (huile jaune pâle, $É_{13}$ 186-187°). Toutes ces réductions se font avec plus de 80 % de rendement.

Une étude analogue est en cours sur les xylidines, mais d'ores et déjà, les quelques exemples donnés ci-dessus montrent l'intérêt de notre méthode pour la synthèse des homologues de l'aniline.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Note sur la similitude entre l'alpha-cellulose et la fraction des matières cellulosiques, qui, après nitration et solution dans l'acétone, peut être précipitée dans l'eau.* Note de M. **François-A. Abadie**, transmise par M. Paul Pascal.

Au cours d'essais sur l'hydrolyse des matières cellulosiques, il nous a été donné de démontrer qu'il existait un rapport direct, qualitatif et quantitatif, entre l'alpha-cellulose et la fraction des matières cellulosiques qui, après nitration et solution dans l'acétone, peut être précipitée dans l'eau et a été appelée « A » cellulose ([1]).

Des échantillons de coton blanchi et de bois de sapin ont été soumis à l'attaque de solutions d'acide chlorhydrique de concentrations variables durant diverses durées à température ordinaire.

Les résidus après hydrolyse ont été étudiés au moyen des méthodes ci-dessous :

1° Détermination de la quantité d'alpha-cellulose;

2° Fractionnement par la méthode de nitration de Bryde ([1]);

3° Détermination du poids moléculaire de la cellulose par la méthode viscométrique.

Les résultats de l'hydrolyse du coton figurent dans le tableau.

([1]) Ö. Bryde et T. H. Smith, *Norsk Skogindustri*, II, 1950, p. 308.

Conditions de l'hydrolyse. Durée en heures.	Concentration de l'acide (a).	Résidu (%).	Alpha-cellulose (%).	« A » cellulose (%) (b).	Degré de polymérisation $[\eta] \times 9,8^{10-3}$.
0	0	100	98,5	97,5	1132
0,08	28,5	100	96	95,3	959
0,16	28,5	99,4	95,1	94,9	887
0,25	28,5	103,4	95,2	96,1	673
1	28,5	102,2	90,9	90,2	418
3	28,5	99,3	88,7	90,4	246
6,5	28,5	99	76,4	85,6	197
17,50	28,5	97,9	65	65,7	178
0,25	33,25	99,7	93,2	93,5	508
1	33,25	98,9	91,3	95,2	308
0,08	38	98,2	92,7	94,3	592
0,50	38	94,6	69,6	75	234
1	38	83,5	50,4	50	190
17,50	38	64,3	0	0	–

(a), % d'acide chlorhydrique; (b), ramenée au poids du bois.

L'examen de ce tableau montre bien l'identité qui existe entre les quantités de « A » et d'alpha-cellulose dont les variations suivent les mêmes règles indépendamment de la concentration de l'acide, de la durée de l'hydrolyse et de l'importance du résidu.

Ces résultats ont été confirmés pour le bois de sapin, pour lequel la quantité de « A » cellulose maximum obtenue lors des cuissons ([1]) ou des hydrolyses est de 45 % du poids du bois, soit sensiblement le même chiffre que celui trouvé par Hägglund ([2]) pour le contenu en alpha-cellulose des pâtes chimiques obtenues par une cuisson douce et par König et Becker ([3]) pour le pourcentage du bois de sapin en alpha-cellulose.

L'examen du degré de polymérisation achève de démontrer que la « A » cellulose correspond bien à l'alpha-cellulose nitrée. Staudinger et Reinecke ([4]) ont montré qu'un degré de polymérisation d'environ 200 est le minimum compatible avec l'existence d'un film ou de fibres de cellulose et que la détermination de l'alpha-cellulose fait une discrimination entre la fraction des matières cellulosiques qui contribue à leur résistance et celle qui n'y contribue pas.

([2]) *Svensk Pap. Tidn.*, **41**, 1938, p. 519.

([3]) *Zeits. Angew. Chem.*, **32**, 1919, p. 155.

([4]) *Melliand Textilber*, **20**, 1939, p. 109.

Or, le degré de polymérisation minimum de la «A» cellulose est le même que celui de l'alpha-cellulose. De plus, la «A» cellulose est formée de fibres alors que la fraction du nitrate qui reste suspendue dans l'eau de précipitation, ou «B» cellulose, ne permet d'obtenir ni fibres, ni films et possède un degré de polymérisation inférieur à 80.

La «A» cellulose, par ses proprietés, son degré de polymérisation et sa quantité se révèle donc correspondre à l'alpha-cellulose nitrée. La méthode de Bryde ([1]) pour le fractionnement des matières cellulosiques par nitration trouve son intérêt encore accru par cette identité.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations cytologiques sur la succion de la fondatrice d'*Adelges Abietis *Kalt. sur* Picea excelsa *L. et la différenciation d'un tissu nourricier primaire par métaplasie.* Note de M. **Jean Meyer**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La succion de la fondatrice d'*Adelges Abietis* induit la formation d'un tissu nourricier, défini d'une part par sa position par rapport aux trajets de succion, d'autre part par sa similitude cytologique avec certains tissus nourriciers de Cynipides. Cette cytologie spéciale au rôle trophique s'obtient par métaplasie, c'est-à-dire transformation cytologique sans prolifération mitotique et dédifférenciation préalables.

Comme on le sait depuis Burdon ([1]), la fondatrice d'*Adelges Abietis* réalise, par la succion de sa longue trompe, une transformation des tissus du bourgeon dans la région attaquée. Nous appellerons dans ce cas « tissu nourricier » le tissu où s'exerce la succion de la trompe. Pour bien délimiter physiologiquement ce tissu, il nous faudra tout d'abord étudier les trajets de succion.

a. Trajets de succion de la trompe. — Dans les coupes longitudinales de bourgeons parasités, fixés au Regaud et colorés à l'hématoxyline, les trajets de la trompe sont colorés en indigo. Ils se présentent sous forme de tubes inter- ou intracellulaires (« starre Scheiden » des auteurs allemands), qui résulteraient, d'après Zweigelt ([2]), de la coagulation des sécrétions salivaires. Dès mi-mars, après avoir percé l'écorce sous-jacente aux écailles, la trompe remonte le long des tissus conducteurs. Les trajets comportent des ramifications de plus en plus nombreuses au niveau des dernières écailles, d'où les arborisations ultimes pénètrent dans les bases foliaires inférieures.

b. Premiers effets cytologiques et différenciations du tissu nourricier. — Dès le 12 mars, en 1951, l'action de la fondatrice dans les régions de succion de la base du bourgeon était marquée par des réactions allant de transformations

(1) *Gardn. Chronicle*, **42**, 1907, p. 353-355.
(2) *Zbl. Bakter.*, II, **42**, 1915, p. 265-335.

cytologiques légères à la nécrose totale. Nous ne nous intéresserons, dans cette Note, qu'aux modifications cytologiques ne marquant pas une dégénérescence nécrotique et en premier lieu à celles qui s'effectuent vers la deuxième quinzaine de mars, bien antérieurement aux pontes (deuxième quinzaine d'avril). Les remaniements cytologiques qui caractérisent cette période se localisent surtout dans l'écorce de la base du bourgeon et s'étendent, en s'atténuant, dans les bases foliaires inférieures. En comparant, dans une coupe, les régions traversées par le coagulum salivaire, au niveau des deux premières feuilles, à celles qui leur correspond du côté normal, nous constatons les remaniements cytologiques suivants :

1° Hypertrophie cellulaire, accompagnée, surtout dans le parenchyme cortical par une perte de polarité : les surfaces de section des cellules, dans une coupe du 12 mars, passent en moyenne du simple au double (200 à 450 μ^2 environ).

2° Légère hypertrophie nucléaire et nucléolaire. Dans la même coupe du 12 mars, les surfaces de sections nucléaires maxima passent en moyenne de 70 à 100 μ^2 environ.

3° Position plus centrale du noyau.

4° Augmentation importante de la masse cytoplasmique aux dépens du vacuome qui se fragmente.

5° Concentration d'un abondant chondriome autour du noyau. Il est surtout formé de longs chondriocontes, contrairement au tissu normal où les chondriocontes sont plus courts et plus dispersés dans le cytoplasme pariétal.

6° Inhibition de l'amylogenèse dans les régions où l'amidon apparaît normalement, c'est-à-dire dans les tissus qui bordent les ramifications vasculaires foliaires.

7° Arrêt relatif des mitoses très sensible dans les bases foliaires.

Alors que certaines de ces modifications : richesse cytoplasmique, vacuome divisé, plastes indifférenciés, gros noyau central à gros nucléoles, font penser à une dédifférenciation, des phénomènes d'un tout autre ordre (hypertrophie cellulaire, concentration périnucléaire du chondriome, inhibition mitotique) se greffent sur ce retour apparent à l'état de jeunesse. D'ailleurs la richesse en cytoplasme et en chondriome indifférencié, le gros noyau central à nucléoles très apparents, ne sont pas des caractères exclusivement méristématiques, on les retrouve, entre autres, également dans certains tissus nourriciers naissants comme je l'ai décrit pour *Perrisia Urticæ* par exemple ([3]) et, comme le confirme récemment Garrigues ([4]), dans les tissus nourriciers des galles adultes.

([3]) *Rev. Gén. Bot. Fr.*, 55, 1948, p. 256-290.

([4]) *Recherches sur les Cécidies, le cancer et l'action de carbures cancérigènes sur les végétaux* (*Thèse Science*, Lyon, 1951).

Au point de vue chondriome, on peut classer les tissus nourriciers fonctionnels des zoocécidies en deux catégories : ceux à chondriome dispersé, très riche en mitochondries (*Perrisia Urticæ* par exemple), et ceux à concentration mitrochondriale périnucléaire et riche en chondriocontes, comme c'est le cas de certains Cynipides (*Diastrophus Rubi, Aulax Papaveris* et *Rhodites Rosæ*). C'est, d'après la description précédente, à ce dernier groupe que se rattache le tissu irrigué par le coagulum salivaire de la fondatrice d'*Adelges Abietis* dont la fonction nourricière se trouve ainsi confirmée par l'argument de similitude cytologique avec certains tissus nourriciers de Cynipides.

Comme dans les cas décrits des Cécidomyides (3), cette convergence cytologique vers la spécialisation trophique, apparaît chez la fondatrice d'*Adelges Abietis, antérieurement aux proliférations hyperplasiantes*. Cette transformation cytologique vers une différenciation nouvelle, en rapport avec une fonction nouvelle, sans passer par des divisions dédifférenciatrices, a déjà été décrite par Virchow (5), en histologie animale, sous le nom de « *métaplasie* ». Il est naturel d'adopter également ce terme dans le cas présent où les remaniements cytologiques conduisent à l'adaptation trophique de la cellule sans passage par la mitose.

PHYSIQUE DU SOL. — *Nouvelle formule pour le calcul du bilan de l'eau en fonction des valeurs moyennes annuelles des précipitations et de la température.* Note de M. **Lucien Turc**, présentée par M. Albert Demolon.

Des études antérieures (1) ont montré que l'évaporation et l'écoulement moyens annuels des bassins fluviaux, peuvent être calculés par les formules

$$D = P - E, \tag{1}$$

$$E = \frac{P}{1 + \gamma P^2}; \tag{2}$$

P = précipitations, E = évaporation, D = écoulement, sont exprimés en hauteurs d'eau, γ est une fonction de la température.

Ces formules ont donné de bons résultats pour l'Europe, l'Afrique du Nord, les U. S. A.; il apparaissait cependant que dans le cas des pluviosités élevées on calculait des valeurs trop faibles pour l'évaporation. Ceci s'est confirmé lorsque nous avons cherché à faire les calculs pour des régions du globe

(5) *Virchow's Arch. f. Path. Anat. u. Phys.*, 97, 1884, p. 410-430.

(1) S. Hénin et J. Ternisien, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 80; S. Hénin et M. Godard, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 559.

fortement arrosées ; ainsi pour 15 rivières de Java ([2]) dont les bassins ont des pluviosités comprises entre 1937 et 5366 mm, la formule ([2]) imposerait une évaporation variant peu avec P pour les bassins les moins arrosés, puis décroissant lorsque l'on passe aux plus arrosés ; le calcul statistique montre au contraire que E est significativement croissant avec P.

Nous avons donc abandonné cette formule et nous considérons que lorsque P croît, E tend vers une limite supérieure ; la formule la plus simple qui traduise cette nouvelle hypothèse est $E = P/[1+(P/L)]$, où L, fonction de t, est la limite supérieure de E. Mais cette formule s'est montrée moins satisfaisante que l'ancienne pour les valeurs de P faibles et moyennes, nous avons donc envisagé d'utiliser $E = P/[\sqrt{1+(P^2/L^2)}]$ qui pour les faibles valeurs de P est équivalente à $P/[1+(P^2/2L^2)]$: c'est la forme en $P/(1+\gamma P^2)$. Enfin pour traduire les phénomènes d'aréisme nous avons adopté :

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,9+\frac{P^2}{L^2}}} \tag{3}$$

qui n'est valable que pour $P^2/L^2 \geq 0,1$; dans le cas où $P^2/L^2 < 0,1$, nous prenons $E = P$, l'écoulement est nul.

Il restait à expliciter L en fonction de t. Nous avons utilisé pour cela les valeurs connues des précipitations, de l'écoulement et de la température, pour les bassins de 231 cours d'eau d'Europe (en allant de l'Italie à la Finlande et de l'Angleterre à l'U. R. S. S.), d'Algérie, des U. S. A. et des régions tropicales et équatoriales. Au moyen des formules (1) et (3), nous avons calculé L pour chaque bassin, puis nous avons confronté les valeurs de L et de la température t ; la méthode des moindres carrés nous a permis d'établir la relation

$$L = 300 + 25t + 0,05t^3, \tag{4}$$

L est exprimé en millimètres de hauteur d'eau, t en degrés centigrades.

Les formules (1), (3), (4) permettent de calculer à partir de P et de t pour chacun des 231 cours d'eau considérés une valeur de E et une valeur de D. La comparaison de ces valeurs calculées de E avec les valeurs mesurées correspondantes (c'est-à-dire avec les différences $P - D_{mes}$, D_{mes} étant déduit des jaugeages du cours d'eau) montre que pour 132 cours d'eau sur 231, soit dans 57 % des cas, l'écart est inférieur en valeur absolue au dixième de la valeur calculée.

Le tableau ci-contre résume quelques résultats relatifs aux valeurs D ; c'est pour l'Algérie que les erreurs relatives sont les plus élevées sur le calcul de D, car dans ce pays les coefficients d'écoulement sont très faibles :

([2]) E. C. J. Mohr, *The soils of equatorial regions*, p. 565, trad. R. L. Pendleton, 1 vol., 766 p., J. E. Edwards édit., E. Brothers imp., Ann Arbor, Michigan, 1944.

Région.	Nombre de cours d'eau.	Moyenne (mm) des P.	des $D_{calc.}$	des $D_{mes.}$
Java	15	3121	1679,5	1620
Alpes suisses	4	2277	2004	2028,5
Algérie	17	529,6	67,5	97,8
France	44	1028,5	572,5	558,5
Ensemble des cours d'eau considérés	231	1024	499	492

Dans l'état actuel des connaissances relatives au bilan de l'eau sur l'ensemble des terres émergées, les résultats obtenus nous autorisent à penser que les formules proposées traduisent de façon satisfaisante la liaison entre l'évaporation et les valeurs annuelles moyennes des précipitations et de la température de l'air.

D'autre part, il se confirme que le bilan annuel moyen de l'eau dans les diverses régions du globe dépend surtout des valeurs annuelles moyennes P et t, puisqu'il est souvent possible d'évaluer ce bilan avec une bonne approximation à partir de ces seules valeurs.

L'ancienne formule, d'abord appliquée au calcul du bilan annuel moyen, avait été utilisée par la suite pour le calcul par décades du drainage en cases lysimétriques ([3]); la nouvelle formule a permis une amélioration des résultats pour ce second problème également; celle-ci présente donc toutes les possibilités de l'ancienne et permet des calculs plus précis.

PHYSIOLOGIE. — *Fixation du radioiode dans la thyroïde de deux Sélaciens :* Scyllium canicula *L. et* Scyllium stellare *Flem.* Note (*) de M. **Jacques Leloup**, présentée par M. Louis Fage.

La fixation du radioiode (^{131}I) par la thyroïde de la Petite Roussette et de la Grande Roussette, est très lente. L'activité fonctionnelle de la thyroïde semble varier selon l'espèce, le sexe et le développement génital de l'animal.

Dans le but d'étudier le fonctionnement thyroïdien des Sélaciens, nous avons réalisé, en mai 1951, au laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer, des expériences préliminaires concernant la fixation du radioiode (^{131}I) dans la thyroïde de deux Sélaciens ([1]) : la Petite Roussette (*S. canicula*) et la Grande Roussette (*S. stellare*).

([3]) S. Henin et L. Turc, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1876.

(*) Séance du 6 août 1951.

([1]) Teh Ping Lin et E. D. Goldberg ont montré récemment (*Endocrinology*, 48, 1951, p. 485) par autoradiographie, que la thyroïde des Sélaciens concentre le radioiode. Cette technique ne permet cependant pas d'évaluer avec précision la quantité de ^{131}I fixée. D'autre part, la dose injectée (400 μc) produit des altérations du cytoplasme et du noyau des cellules épithéliales folliculaires qui peuvent modifier le fonctionnement thyroïdien.

Les injections de ^{131}I sans entraîneur (²) sont effectuées dans la cavité générale de l'animal, à la dose de 5 à 15 μc. Six animaux (4 Petites Roussettes et 2 Grandes Roussettes) à des stades sexuels variés ont été injectés, puis sacrifiés, à des intervalles de 2 h 30 mn à 3 jours après l'injection.

La thyroïde et le sang de chaque animal sont prélevés et les différentes fractions iodées de la thyroïde (iode minéral, organique et thyroxinien) sont isolées, selon une méthode qui sera décrite ultérieurement.

L'examen du tableau qui résume les résultats obtenus, permet de dégager les conclusions suivantes :

N° de l'animal.	Poids.	Sexe.	État sexuel.	Temps après l'injection d'I*.	I* injecté retrouvé dans la thyroïde totale (%).	I* par g. de thyroïde (%).	$\frac{\text{I* organique}}{\text{I* total}}$ (%).	$\frac{\text{I* thyroxinien}}{\text{I* organique}}$ (%).
				Scyllium canicula.				
1.....	190 g	♀	Adulte	2 h 30 m	0,00086	0,11	59	–
2.....	70	♀	Infantile	8	0,0108	2,84	52	17
3.....	54	♂	d°	8	0,0094	1,56	24,5	11,2
4.....	215	♂	Adulte	16 30	0,0012 (*)	–	81	22
				Scyllium stellare.				
5.....	620	♀	Infantile	25	0,037	1,06	97	10,6
6.....	1020	♀	d°	72	0,45	15,1	99	22

(*) Thyroïde incomplète.

1. Chez les deux espèces envisagées, la fixation de l'I* est très faible, puisqu'au bout de 3 jours, par exemple, chez *Scyllium stellare*, la thyroïde n'a fixé que 0,45 % de la dose injectée.

Ce fait, en contraste avec la fixation rapide et importante observée chez les Mammifères, peut s'expliquer tout au moins *pro parte*, par la résorption extrêmement lente de la dose injectée. En effet, dans le cas de *S. stellare*, dont les deux individus expérimentés sont dans le même état sexuel, on constate que la fixation d'iode dans la thyroïde croît proportionnellement à la radioactivité du sang, celle-ci s'accroissant lentement. Mais ne peut-on faire intervenir, en outre, un autre facteur ? C'est un fait bien établi, chez les Mammifères, que l'administration de doses importantes d'iodure diminue considérablement la fixation d'I* par la thyroïde. Le même phénomène a été récemment observé chez le jeune Saumon,

(²) ^{131}I fourni par le Commissariat à l'Énergie Atomique (pile de Châtillon).

lorsqu'on le fait séjourner dans l'eau douce additionnée d'iodure [3]. Or, les Sélaciens vivent dans un milieu riche en iode (60 γ d'iode environ par litre d'eau de mer). Ne peut-on alors penser que la fixation très faible d'I* chez les Sélaciens s'explique par un mécanisme analogue jouant dans les conditions naturelles ? Un fait semble plaider en faveur de cette hypothèse : alors que l'iodémie de la Petite Roussette est bien supérieure à celle des Mammifères, pouvant atteindre jusqu'à 43 γ pour 100 cm³ de sérum [4], la teneur en iode de sa thyroïde est inférieure à celle des thyroïdes de Mammifères, Oiseaux et Reptiles. En effet, des dosages d'iode effectués sur la thyroïde de la Petite Roussette [4] nous ont donné des valeurs comprises entre 30 et 40 mg d'iode pour 100 g de glande, en accord avec les résultats déjà publiés pour d'autres espèces de Sélaciens [5], [6], alors que la Tortue, le Poulet, le Lapin, le Chien et le Mouton ont des teneurs moyennes en iode respectives de 126, 105, 50, 230 et 133 mg pour 100 g de thyroïde [6].

2. L'activité fonctionnelle de la thyroïde de la Roussette, indiquée par les valeurs des rapports I* organique/I* total et I* thyroxinien/I* organique, semble varier suivant l'espèce, le sexe et dans un même sexe selon l'état génital. Ainsi la thyroïde de la Grande Roussette a synthétisé la thyroxine plus lentement que celle de la Petite Roussette. Chez cette dernière espèce, la glande du jeune ♂ est moins active que celle de la jeune ♀, elle-même moins active que celle de la ♀ adulte proche de la ponte (œufs de 16 mm de diamètre maximum), conclusions en accord avec les données histologiques [7].

PISCICULTURE. — *La saumonisation artificielle des salmonidés : Truites et Saumons de fontaine.* Note de M. **Pierre Besse**, présentée par M. Louis Fage.

La saumonisation artificielle des salmonidés de pisciculture peut être obtenue par adjonction à la nourriture d'astaxanthine retirée des carapaces de homard.

Parmi les salmonidés, certains, tels que le Saumon (*Salmo Salar*) et le Saumon de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) présentent toujours une chair d'un rose plus ou moins vif. Les Truites européennes (*Salmo fario*), dans les variétés

(3) G. La Roche, *Ann. de l'Acfas*, 16, 1950, p. 134.

(4) J. Leloup, Résultats inédits.

(5) B. B. Dey, P. S. Krishnan et M. Giriraj, *J. Sc. and Ind. Res.*, 4, 1945, p. 244.

(6) J. Wolff et I. L. Chaikoff, *Endocrinology*, 41, 1947, p. 295.

(7) M. Olivereau, *C. R. Soc. biol.*, 43, 1949, p. 247.

marine ou lacustre, ont également une chair rose, mais dans les variétés de rivières et ruisseaux, on ne trouve environ qu'un pourcentage de 10 % de Truites ayant la chair rose.

Ces Truites, dites saumonées, sont très appréciées, et leur valeur marchande est élevée. Il est classique de dire que la vive couleur de la chair est produite par une accumulation dans la graisse interstitielle de pigments caroténoïdes qui proviennent d'une alimentation riche en daphnies, gammares, jeunes écrevisses, crevettes d'eau douce. Ces pigments ont été déterminés. Ce sont la lutéine et surtout l'astaxanthine.

En pisciculture, les salmonidés qui sont nourris artificiellement ont une chair absolument blanche. Nous avons cherché un procédé pratique permettant d'obtenir en pisciculture des Truites à chair rose. Nous inspirant du processus naturel, nous avons administré aux poissons des pigments caroténoïdes naturels (astaxanthine).

Pour cela, nous avons pris des carapaces (avec l'hypoderme) de homard cuit; nous les avons pulvérisées. Cette poudre fut épuisée au chloroforme. La liqueur rouge obtenue nous donna, après distillation, un résidu sec, gras composé d'astaxanthine, de lutéine, de graisse et de phosphoaminolipides avec un rendement de 1/50 à 1/65. Ce résidu sec fut redissous dans du saindoux dans la proportion de 35 g d'extrait pour 1000 g d'excipient gras.

La préparation fut administrée, mélangée à la nourriture (viande hachée), à raison d'une cuillerée à café pour 5 kg de poissons vivants. Les expériences de saumonisation ont porté sur douze saumons de fontaine (*Salvalinus fontinalis*) et quatre truites arc-en-ciel (*Salmo irideus*); autant de témoins, dans d'autres bacs, recevaient la nourriture ordinaire. Des autopsies régulières, toutes les trois semaines, nous permettaient de suivre la marche de l'opération.

Résultats : au bout de dix-sept semaines, les saumons de fontaine traités, présentent une belle robe brillamment colorée, dos vert foncé zébré avec le ventre rouge vif ainsi que les nageoires, véritable parure de noce. La chair, d'autre part, est d'une belle couleur rose saumon.

Les témoins ont une livrée gris-vert foncé zébré, côtés jaunâtre orangé, ventre blanc-gris. La chair est blanche.

Les Truites arc-en-ciel traitées ont une livrée très brillante, mais la chair est très peu ou pas rosée.

Une dégustation comparée de Saumons de fontaine traités et non traités fait apparaître une énorme différence de qualité entre les deux poissons, le Saumon traité ayant une chair fine, onctueuse, d'un goût très agréable, identique à celui de la Truite saumonée naturelle.

Les expériences continuent avec des ombles (*Salvelinus alpinus*), des Truites arc-en-ciel et des Truites fario de différentes provenances; nous en donnerons plus tard les résultats.

Dès maintenant nous pouvons dire cependant : 1° que pour que les poissons prennent une chair saumonée, il semble nécessaire qu'ils aient atteint la maturité sexuelle; 2° qu'il paraît exister des races physiologiques de *Salmo Fario* et de *Salmo Irideus*, certaines pouvant se saumoner, d'autres non; les premières laissant passer au niveau de leurs cellules intestinales les pigments, les secondes les détruisant à ce niveau ou les transformant en vitamine A.

PHARMACOLOGIE. — *Altérations de l'électrocardiogramme chez le Chien après injection intraveineuse d'une petite quantité d'ypérites ou de monobromacétates.* Note de MM. **Zenon M. Bacq**, **R. Charlier** et **A. Klutz**, transmise par M. André Mayer.

Nous avons montré [1] que l'injection ou l'ingestion de doses faibles (0,2 à 2 mg : kg) d'acide bromacétique provoque chez le Chien non anesthésié de graves altérations durables (de 2 à 7 jours) de l'électrocardiogramme : d'une part des troubles du rythme cardiaque consistant en l'apparition d'un block auriculo-ventriculaire intermittent, d'autre part une dépression de l'onde T qui s'aplatit et souvent même s'inverse franchement; ces altérations paraissen liées à des troubles du métabolisme myocardique.

Étant donné que l'acide bromacétique possède certaines des propriétés chimiques et des actions toxiques des ypérites [2], nous avons utilisé la même technique pour étudier l'action sur l'électrocardiogramme d'une faible dose (0,2 mg : kg, dose thérapeutique parfaitement supportée) d'ypérite au soufre (sulfure de $\beta\beta'$-dichloréthyle) ou d'une ypérite à l'azote (méthyl-*bis*-chloroéthylamine) injectée dans la veine du Chien non anesthésié. Nous avons enregistré simultanément, grâce à un Poly-Viso à inscription directe, quatre dérivations électrocardiographiques, les trois dérivations classiques D_1, D_2 et D_3, et une dérivation précordiale correspondant à la V_2 chez l'Homme.

Nous n'avons observé aucune altération du rythme ni de la conduction après injection d'ypérite au soufre, mais l'onde T, normalement positive, s'aplatit rapidement (3 à 30 mn) dans toutes les dérivations, devenant négative en D_1, mais surtout en D_2 et D_3. Ces altérations rétrocèdent progressivement en 24 et 48 h.

L'ypérite à l'azote modifie l'électrocardiogramme de la même façon, mais en général plus lentement. Il faut attendre 90 mn environ pour que les alté-

---

(1) *Bull. Acad. Roy. Méd. Belge*, 1951.

(2) Z. M. Bacq, *Enzymologia*, **10**, 1941, p. 48; *Experientia*, **2**, 1946, p. 349 et 385; *Travaux récents sur les toxiques de guerre* (*Actualités biochimiques*, Masson, 1947); *Bull. Acad. Roy. Méd. Belg.*, 1946, p. 137; Z. M. Bacq et P. Fischer, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **28**, 1946, p. 234.

rations atteignent leur maximum; 2 ou 3 h après l'injection, elles commencent à rétrocéder; les tracés sont normaux 24 h après.

En résumé, nous observons, après injection d'une faible dose d'ypérites, les mêmes altérations de l'onde T qu'après injection de monobromacétate; toutefois, ces altérations apparaissent plus rapidement et sont moins durables. Il semble que c'est surtout par des altérations de l'onde T que se traduisent les lésions biochimiques discrètes du myocarde.

La séance est levée à 15 h 25 mn.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 SEPTEMBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **PAUL S. EPSTEIN**, Membre de l'Académie nationale des États-Unis, qui assiste à la séance.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Remarques sur la théorie de l'onde pilote.* Note de M. LOUIS DE BROGLIE.

L'auteur résume les raisons qui lui ont fait naguère abandonner son interprétation de la Mécanique ondulatoire par la théorie de l'onde pilote. Il compare les résultats de cette théorie avec des travaux bien connus de MM. Einstein, Podolsky et Rosen et de M. von Neumann.

Dans un travail tout récent qui m'a été aimablement communiqué par l'auteur avant sa publication, M. David Bohm reprend exactement la théorie de l'onde pilote que j'avais développée dans une série de travaux entre 1926 et 1928 (¹). Je voudrais rappeler les raisons qui m'ont fait autrefois abandonner cette interprétation de la Mécanique ondulatoire.

J'avais remarqué que, si l'on écrit l'onde Ψ associée à un corpuscule (ou au point figuratif d'un système dans l'éspace de configuration) sous la forme $\Psi = ae^{i\varphi}$ où a et φ sont des fonctions réelles des coordonnées de l'espace physique (ou de l'espace de configuration) et si l'on attribue au corpuscule (ou au système) un mouvement défini par l'équation

$$\vec{v} = -\frac{h}{2\pi m}\,\overrightarrow{\text{grad}}\,\varphi$$

(¹) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 447; 184, 1927, p. 273; 185, 1927, p. 380; *Journal de Physique*, série VI, 7, p. 235; *Électrons et photons*, Rapport au Vᵉ Conseil de Physique Solvay, Gauthier-Villars, 1930, p. 115; *Introduction à l'étude de la Mécanique ondulatoire,* Hermann, Paris, 1930 (édition anglaise Methuen, Londres).

où $\vec{v}$ est à chaque instant la vitesse du corpuscule (ou du point figuratif), on arrive à une interprétation de la Mécanique ondulatoire qui est d'un type classique avec localisation et mouvement bien déterminés à chaque instant. Cette théorie a pour conséquence que, si l'on ignore laquelle des trajectoires possibles se trouve décrite par le corpuscule (ou le point figuratif), la probabilité de le trouver à l'instant t au point M est donnée par $|\Psi(M, t)|^2$ en accord avec le principe des interférences. J'avais également remarqué que le mouvement ainsi défini est celui qu'aurait le corpuscule, d'après la mécanique classique, s'il était soumis, en plus des forces dérivant d'un potentiel ordinaire V à des forces d'un type nouveau dérivant d'un « potentiel quantique ».

$$V_1 = -\frac{h^2}{8\pi^2 m}\frac{\Box a}{a},$$

tout au moins à l'approximation newtonienne.

Très séduit par cette théorie qui maintenait les conceptions et le caractère déterministe de la Mécanique classique, je l'avais présentée au 5ᵉ Conseil de Physique Solvay, en octobre 1927. Elle y fut vivement combattue par les défenseurs de l'interprétation actuelle et notamment par M. Pauli. Je fus très frappé par leurs arguments et, après mûre réflexion, je fus amené à me rallier à leur manière de voir et à renoncer complètement à ma théorie pour des raisons que je vais résumer.

D'abord la théorie de l'onde pilote conduit, quand on l'applique, à des cas particuliers, à attribuer au corpuscule des mouvements peu vraisemblables : ainsi dans un atome dans un état s, l'électron serait immobile. De plus, dans les franges de Wiener au voisinage d'un miroir, le corpuscule pourrait posséder des vitesses supérieures à celle de la lumière dans le vide. Enfin, M. Pauli avait signalé de sérieuses difficultés en ce qui concerne certains problèmes de collision.

D'autre part, la théorie de l'onde pilote n'atteint véritablement son but, qui est un retour vers une interprétation de la Mécanique ondulatoire conforme aux conceptions classiques, que si l'onde Ψ, dont dérive le potentiel quantique, est une « réalité physique » susceptible de réagir sur le mouvement du corpuscule ou du système, car si elle n'est qu'une représentation de probabilités comme on l'admet généralement aujourd'hui, le mouvement défini par la théorie de l'onde pilote dépendrait de possibilités qui ne sont pas réalisées, ce qui est paradoxal et nous écarte complètement des conceptions classiques. Or, il paraît impossible de considérer l'onde Ψ comme une réalité physique. Elle est, en effet, représentée par une fonction essentiellement complexe et, dans le cas général des systèmes, elle se propage dans l'espace de configuration qui est visiblement abstrait et fictif. De plus, toute mesure de localisation réduit brusquement l'étendue de l'onde Ψ et en change la forme, ce qui modifie le potentiel quantique : une mesure effectuée dans une région de l'espace peut

ainsi modifier la forme de l'onde Ψ dans des régions éloignées de celle-là. Ces considérations et d'autres analogues paraissent s'opposer absolument à l'attribution à l'onde ψ du caractère de réalité physique, et ceci me paraît toujours être la plus forte objection contre la théorie de l'onde pilote.

La théorie de l'onde pilote, si on l'adopte, lève évidemment les objections élevées contre l'interprétation actuelle de la Mécanique ondulatoire par MM. Einstein, Podolsky et Rosen (²). Attribuant au point figuratif d'un système une trajectoire, inobservable peut-être mais bien déterminée, elle établit entre les mouvements des corpuscules à la fin d'une interaction une « corrélation » qui est exactement celle qu'admettaient les théories classiques, et il n'y a plus aucune difficulté. Mais, en compensation, des difficultés surgissent en ce qui concerne l'onde Ψ. En effet, la localisation d'un des corpuscules après l'interaction a pour conséquence de faire disparaître les paquets d'onde qui dans l'espace de configuration représentent les résultats possibles, mais non réalisés, de l'interaction : si l'onde Ψ est une « réalité physique », comment peut-on comprendre qu'une mesure faite dans une région de l'espace puisse modifier cette réalité physique dans d'autres régions de l'espace qui peuvent être très éloignées de la première ? Ainsi la difficulté paraît se trouver reportée du corpuscule sur l'onde,

Disons quelques mots des rapports de la théorie de l'onde pilote avec le célèbre raisonnement par lequel M. von Neumann (³) a tenté de montrer que les distributions de probabilité admises par la Mécanique ondulatoire sont incompatibles avec l'existence de « variables cachées » permettant de rétablir le déterminisme. Il est certain que la théorie de l'onde pilote, malgré ses difficultés et ses invraisemblances, existe et peut se développer logiquement : or c'est une théorie du type classique qui conduit aux répartitions de probabilité admises par la Mécanique ondulatoire. Comment échappe-t-elle au raisonnement de M. von Neumann ? Voici, je crois, l'explication. Le raisonnement en question admet *a priori* que toutes les distributions de probabilité actuellement admises par la Mécanique ondulatoire sont *simultanément* valables à chaque instant. Or dans la théorie de l'onde pilote, cette hypothèse est inexacte : d'après elle, le corpuscule aurait à chaque instant une localisation et une quantité de mouvement qui seraient des « variables cachées » et, tandis que notre ignorance de la trajectoire cachée du corpuscule introduit d'une façon tout à fait classique une probabilité de localisation égale à $|\Psi|^2$, les composantes de la quantité de mouvement auraient en chaque point de la trajectoire des valeurs bien déterminées quoique inobservables et les répartitions de probabilité fournies pour ces composantes par l'interprétation actuelle de la

(²) *Phys. Rev.*, 47, 1935, p. 777.

(³) *Les fondements mathématiques de la Mécanique quantique*, Alcan, Paris, 1946, p. 216 et suiv.

Mécanique ondulatoire ne leur seraient aucunement applicables. Ces répartitions de probabilité ne seraient valables qu'*après* l'interaction avec un appareil de mesure approprié quand on ne connaîtrait pas le résultat de la mesure. Les deux répartitions de probabilité données par l'interprétation actuelle pour la localisation et la quantité de mouvement ne seraient donc pas simultanément valables, ce qui ferait tomber le raisonnement de M. von Neumann. Notons que la façon dont la théorie de l'onde pilote parvient ainsi à éviter les conclusions de M. von Neumann porte atteinte à l'élégante symétrie introduite par l'actuelle théorie des transformations entre la représentation q et la représentation p, l'interprétation physique de ces deux représentations devenant différente.

En résumé, l'interprétation de la Mécanique ondulatoire par la théorie de l'onde pilote, sur laquelle le travail de M. Bohm ramène l'attention, me paraît toujours se heurter à des difficultés insurmontables, principalement en raison de l'impossibilité d'attribuer à l'onde Ψ une réalité physique ou d'admettre que le mouvement d'un corpuscule est déterminé par des mouvements possibles qui ne sont pas réalisés.

MÉCANIQUE. — *L'équilibre élasto-plastique dans le temps* (II). Note (*) de M. **Gustavo Colonnetti**.

L'équation générale de l'équilibre élasto-plastique dans le temps, que nous avons établie précédemment ([1]), est telle que certaines questions peuvent y trouver une réponse immédiate.

Nous verrons tout de suite qu'en partant de cette équation, et sans renoncer en aucune manière à sa généralité, on peut immédiatement reconnaître et classer deux catégories de cas particuliers qui ont, dans la pratique, une importance fondamentale.

Dans ce but nous allons nous demander, en premier lieu, *s'il est possible que, pendant que les déformations plastiques vont en croissant avec le temps, les tensions intérieures se maintiennent constantes*.

Dire que les tensions sont constantes, c'est évidemment la même chose que dire que sont constantes les déformations élastiques qui leur sont proportionnelles. C'est dire que dans notre équation les composantes ε_x, ... sont indépendantes du temps.

On a alors

$$\int_V \left[\left(\varepsilon_x + \bar{\varepsilon}_x + \varepsilon_x \int_0^T f_x(t)\,dt\right)\delta\sigma_x + \ldots\right] dV = 0.$$

Mais pour $t = 0$

$$\int_V [(\varepsilon_x + \bar{\varepsilon}_x)\,\delta\sigma_x + \ldots]\,dV = 0.$$

(*) Séance du 3 septembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 593.

On aura donc aussi

$$\int_V \left[\left(\varepsilon_x \int_0^T f_x(t)\, dt \right) \delta\sigma_x + \ldots \right] dV = 0.$$

Cette équation, en tant qu'elle doit être satisfaite pour tout système de variations $\delta\sigma_x$, ..., en équilibre sans intervention de forces extérieures, ne fait qu'exprimer les conditions de compatibilité du système des déformations plastiques qui se produisent dans le temps.

Nous sommes donc autorisés à conclure que l'hypothèse de la constance des tensions sera réalisée toutes les fois que les déformations plastiques qui se produisent dans le temps seront compatibles (dans le sens qu'a donné à ce mot Barré de Saint-Venant).

Si le corps est isotrope et homogène, et si le coefficient de fluage $f_x(t)$ a la même valeur dans tous les termes de l'intégrale, l'équation se réduit à

$$\int_V [\varepsilon_x \, \delta\sigma_x + \ldots]\, dV = 0.$$

Elle exprime les conditions d'équilibre du corps en absence de toute déformation plastique, c'est-à-dire lorsque toutes les $\bar{\varepsilon}_x$, ... sont identiquement nulles.

L'hypothèse de la constance des tensions suppose donc qu'à l'origine des temps, sous l'action des forces extérieures, l'équilibre ait pu s'établir sans intervention d'états de coaction.

Dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque l'équilibre initial comporte un état de coaction, toute déformation plastique successive donnera toujours lieu à une modification de l'état de tension.

Nous allons à présent nous demander au contraire *s'il est possible que, pendant que les déformations plastiques vont en croissant avec le temps, restent constantes la forme et les dimensions du corps.*

Une telle hypothèse se traduirait évidemment dans des conditions du type

$$\varepsilon_x(0) + \bar{\varepsilon}_x = \varepsilon_x(T) + \bar{\varepsilon}_x + \int_0^T \varepsilon_x(t)\, f_x(t)\, dt, \quad \ldots,$$

à vérifier dans tous les points du corps. Écrites sous la forme

$$\varepsilon_x(T) - \varepsilon_x(0) = -\int_0^T \varepsilon_x(t)\, f_x(t)\, dt, \quad \ldots,$$

ces conditions expriment que les variations des déformations élastiques doivent être égales et contraires aux variations des déformations plastiques.

Mais puisque dans les deux états du corps qu'on a pris en considération l'équilibre doit subsister sous l'action des mêmes forces extérieures, le système des variations des tensions doit être un système en équilibre par lui-même.

Or, dans l'hypothèse envisagée, toute condition entre les variations des tensions (et par conséquent entre les variations des déformations élastiques) se traduit immédiatement dans une condition entre les variations des déformations plastiques. Voilà ainsi définie, et de la manière la plus générale, la condition nécessaire et suffisante pour la réalisation de notre hypothèse.

Dans le cas du corps isotrope et homogène, les variations des déformations plastiques sont proportionnelles aux tensions initiales; ce seront alors ces tensions mêmes qui devront remplir la condition de l'équilibre en absence de forces extérieures.

Cela veut dire que l'hypothèse de la constance de forme et des dimensions du corps se vérifiera, dans les corps isotropes et homogènes, toutes les fois que l'état d'équilibre initial est un état de coaction pur, aucune force extérieure n'agissant sur le corps.

Si, au contraire, à l'origine des temps l'équilibre s'établit sous l'action d'un système non nul de forces extérieures, toute déformation plastique successive donnera nécessairement lieu à des variations de forme et de dimensions du corps.

CORRESPONDANCE.

HYDRAULIQUE. — *Étude expérimentale du régime transitoire engendré par la rupture d'un barrage.* Note de M. **Léon Levin**, transmise par M. Charles Camichel.

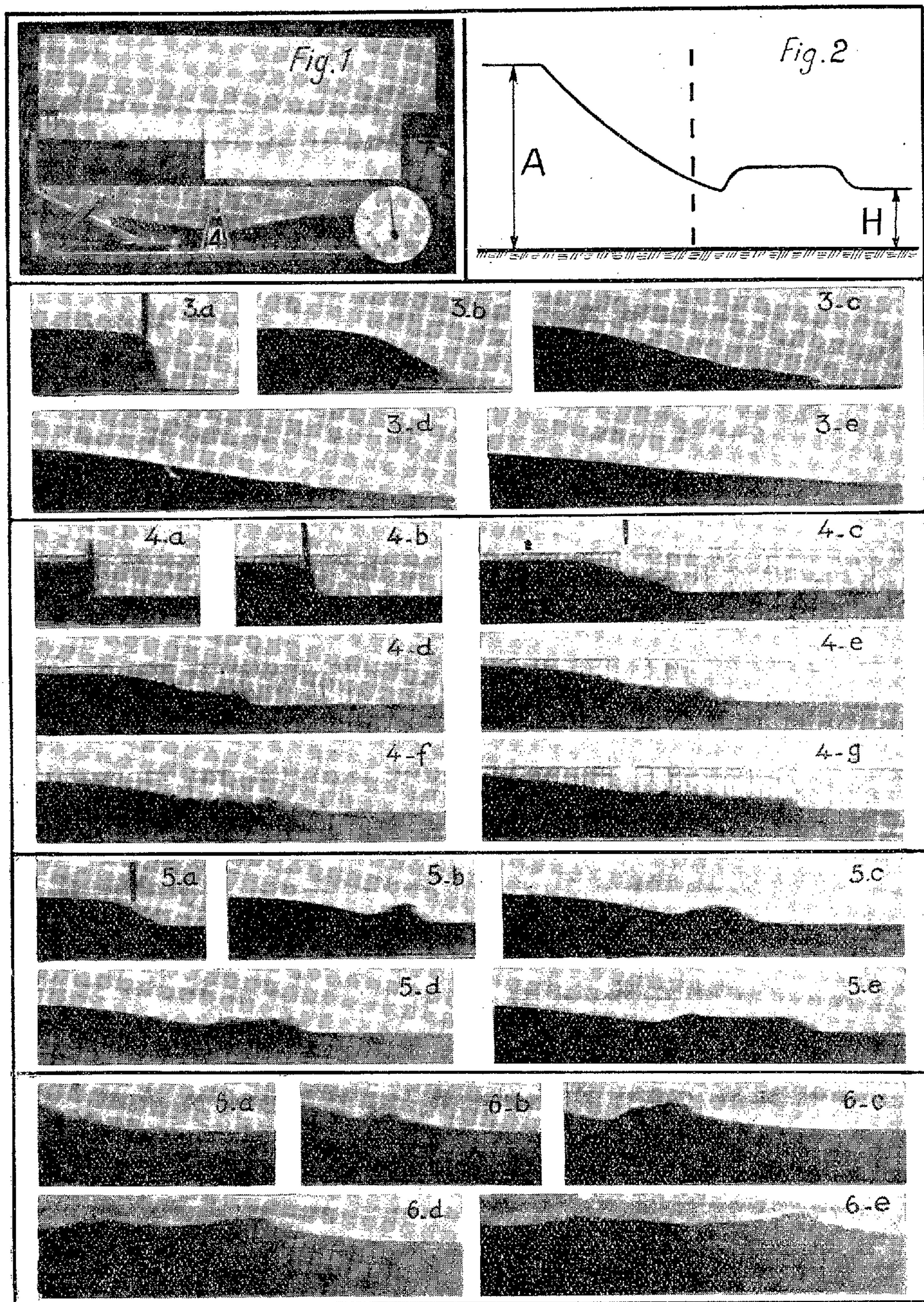
Un dispositif expérimental approprié permet l'étude des premières phases de l'onde engendrée par la rupture d'un barrage, dans la portion du cours d'eau voisine de l'ouvrage.

Ce dispositif expérimental (*fig.* 1), étudié dans les Laboratoires d'Hydraulique d'Avala et de l'École Polytechnique de Belgrade, comprend essentiellement un canal horizontal en verre (longueur 2 m, largeur 0,115 m, hauteur 0,25 m), une vanne plate, en caoutchouc épais, placée à 0,88 m de l'entrée du canal, et une horloge de précision permettant de mesurer le cinquantième de seconde. Des cadres de laiton introduisent une rugosité fictive à l'intérieur du canal.

Le barrage étant brusquement retiré par le haut, en un temps de l'ordre de 0,10 seconde, on filme le début du phénomène, précédant l'apparition des ondes de retour réfléchies aux extrémités du canal.

Des expériences ont été faites en faisant varier la forme du canal (rectangulaire, triangulaire, trapézoïdale) caractérisée par le quotient $\varepsilon = S/Bh$ de la section mouillée S par le produit de la largeur au plafond B et de la profon-

deur h, la rugosité des parois (coefficient n de Manning : 0,007, 0,016, 0,0195,



0,024, 0,026) et le rapport H/A des profondeurs initiales aval H et amont A (*fig.* 2).

Les résultats obtenus montrent l'influence relativement faible de la rugosité dans le début du phénomène; au contraire, la forme de la section et la profondeur du bief aval jouent un grand rôle.

Le profil de l'onde varie avec la valeur de H/A :

pour des valeurs très faibles, le profil théorique est respecté : type I (*fig.* 3);

pour des valeurs plus fortes (0,05 à 0,10 dans un canal rectangulaire) il se forme une tête aval de l'onde : type II (*fig.* 4);

pour des valeurs encore plus grandes (0,10 à 0,30 avec un canal rectangulaire) il se forme une tête amont sur l'onde du bief aval : type III (*fig.* 5);

pour des valeurs supérieures, cette tête amont de l'onde du bief aval s'accentue et se déplace vers l'amont : type IV (*fig.* 6).

En pratique les types I, II et rarement III peuvent concerner des barrages de grande hauteur; le type IV intéresse les barrages de faible hauteur établis dans des fleuves profonds.

Les expériences ont également abouti à la mesure des éléments numériques nécessaires pour la détermination, à partir des méthodes théoriques, du profil total de l'onde.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application de l'analyse thermométrique à la caractérisation et au dosage d'acides solides de Lewis.* Note de M. **Yves Trambouze**, présentée par M. Paul Pascal.

Selon la définition très générale que G. N. Lewis donna en 1923 (1), un acide est une substance capable de capter une ou plusieurs paires d'électrons cédées par une base. Cette définition est valable quel que soit l'état dans lequel se trouve la substance examinée, c'est-à-dire qu'un acide garde ses propriétés à l'état dissous ou à l'état solide, en milieu aqueux comme en milieu oaganique.

L'un des critères des réactions acide-base donné par Lewis est la neutralisation en présence d'un indicateur. Lewis (2), Luder, McGuire et Zuffanti (3) ont ainsi mis en évidence le caractère acide ou basique d'un grand nombre de substances solubles dans l'eau ou des solvants organiques en employant comme indicateur le violet cristallisé dont le virage n'est pas influencé par la nature du solvant.

Dans le cas d'acides solides, le problème est plus délicat à résoudre. Diverses solutions ont été proposées, depuis le titrage en présence d'indicateur

(1) *Valence and the structure of Atoms and Molecules*, Chemical, Catalog Co., New-York, 1923.

(2) *J. Franklin Inst.*, 226, 1938, p. 293.

(3) *J. Chem. Éducation*, 20, 1943, p. 334.

adsorbé jusqu'à l'adsorption d'ammoniac ([4]) ou de quinoléine ([5]), en passant par des méthodes indirectes telle celle de Walling ([6]) qui opère en présence d'une série d'indicateurs de pK différents.

Tous ces procédés sont laborieux et imprécis, aussi avons-nous fait appel à l'analyse thermométrique. Cette méthode, découverte par Dutoit et Grobet ([7]), a été particulièrement mise en valeur par Mondain-Monval et Paris ([8]). Elle consiste à placer la solution aqueuse d'un acide ou d'une base dans un vase Dewar et à lire sur un thermomètre au 100e de degré l'élévation de température provoquée par l'addition régulière de volumes égaux d'un réactif placé dans une burette. La courbe représentative des variations de température en fonction du volume de réactif ajouté est formée d'au moins deux segments de droite dont les points d'intersection correspondent aux points d'équivalence.

Mondain-Monval et Paris ([9]) ont pu étudier ainsi des milieux hétérogènes (formation ou dissolution de précipité), aussi avons-nous essayé d'employer l'analyse thermométrique, en milieu non aqueux, sur une suspension d'acide solide de Lewis.

Dans ce but, nous avons choisi, comme acide, du chlorure d'aluminium anhydre et, comme bases de Lewis, le dioxane et l'acétate d'éthyle. Le chlorure d'aluminium finement broyé est mis en suspension dans du benzène et vigoureusement agité dans le vase de Dewar; les bases en solution N ou 2 N sont versées dans la burette.

Les chaleurs de neutralisation se sont montrées assez importantes pour un dosage correct, et les écarts de température obtenus, de l'ordre de 2 à 5°, sont très suffisants. Les courbes enregistrées sont identiques à celles que l'on observe dans le cas de corps dissous, et la détermination du point d'équivalence se fait sans ambiguïté.

Au cours des essais que nous avons effectués, l'erreur maxima n'a jamais dépassé 3 % ; l'écart couramment obtenu, de l'ordre de 1 %, correspond à l'erreur inhérente à toute méthode volumétrique.

La simplicité, la précision et la rapidité font, de l'analyse thermométrique, une excellente méthode de dosage d'acides solides et permettent d'en envisager l'application à d'autres recherches telle que l'étude des complexes en chimie organique et, par exemple, dans le cas du chlorure d'aluminium, ceux qui se forment intermédiairement lors des réactions de Friedel et Crafts.

([4]) TAMELE, *Discuss. Far Soc.*, 8, 1950, p. 270.

([5]) MILLIKEN, MILLS et OBLAD, *Discuss. Far. Soc.*, 8, 1950, p. 279.

([6]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **72**, 1950. p. 1164.

([7]) *J. Chim. Phys.*, **19**, 1923, p. 324 et 331.

([8]) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1938, p. 1641.

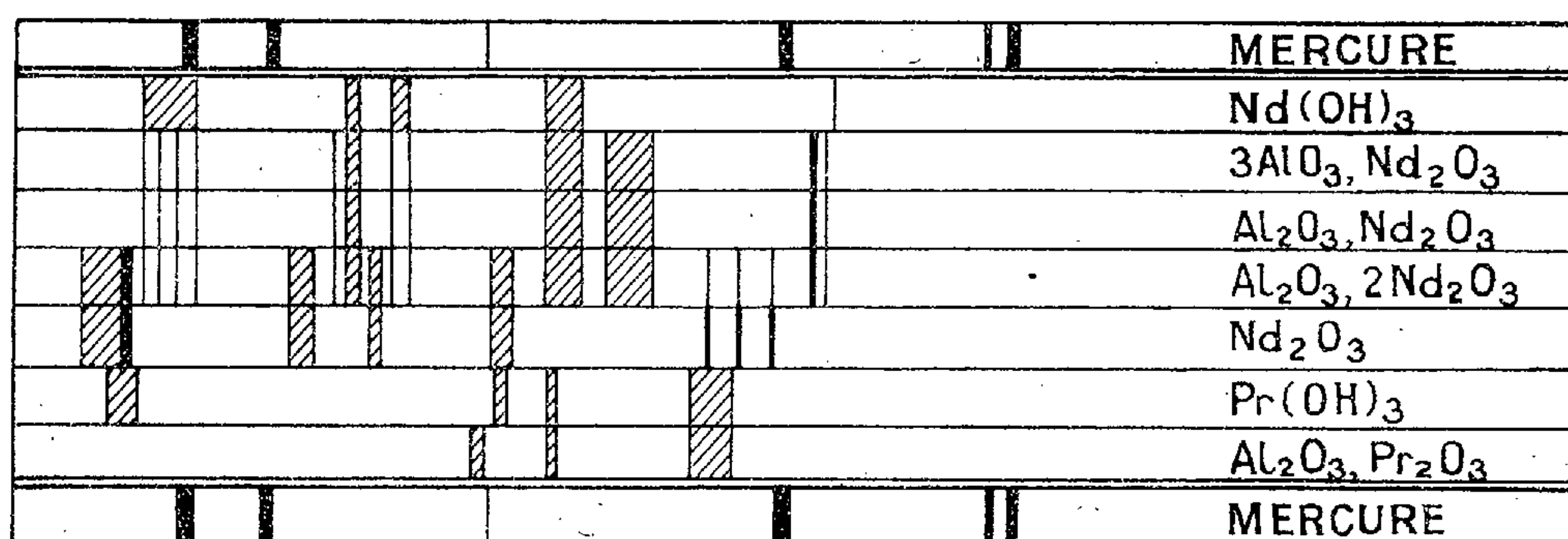
([9]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1154 et **199**, 1934, p. 863.

SPECTROCHIMIE. — *Sur les spectres d'absorption par réflexion de quelques composés solides de terres rares.* Note (*) de M[lle] **Françoise Boulanger**, présentée par M. Jean Cabannes.

Certains éléments des terres rares donnent sous forme de composés solubles des spectres d'absorption caractéristiques et qui peuvent être très intéressants. Sur leurs composés solides on peut aussi faire apparaître, par réflexion diffuse, des spectres dépendant de l'élément et de son état de combinaison.

La technique utilisée, mise au point par M. Billy et A. Berton (¹), m'avait déjà servi pour l'étude, avec A. Berton (²), de composés solides du gadolinium. Je l'ai employée ici pour étudier dans le spectre visible différents composés de néodyme et de praséodyme.

Les spectres obtenus sont représentés, comparés au spectre d'émission de la vapeur de mercure, dans la figure ci-jointe.



Le spectre de l'oxyde Nd_2O_3 est totalement différent de celui de l'hydroxyde. Un spectre caractéristique est aussi obtenu pour la combinaison équimoléculaire Al_2O_3-Nd_2O_3 réalisée par calcination à haute température d'un mélange précipité.

En effet, les spectres de 3 Al_2O_3, Nd_2O_3 et de Al_2O_3, Nd_2O_3 ne contiennent aucune des raies du spectre de l'oxyde alors que le mélange Al_2O_3, 2 Nd_2O_3, préparé dans les mêmes conditions, présente à la fois les raies précédentes et celles de l'oxyde.

Il semble donc démontré, par une méthode simple, qu'il existe un aluminate de néodyme du type AlO_3Nd et très probablement un seul, car le mélange 3 Al_2O_3, Nd_2O_3 par exemple, qui correspondrait à la formule d'un aluminate alcalin, donne avec un affaiblissement dû à l'excès d'alumine le spectre de

(*) Séance du 10 septembre 1951.

(¹) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1631 et 1958.

(²) A. Berton et F. Boulanger, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1153.

Al_2O_3, Nd_2O_3. Un même aluminate AlO_3Pr a également un spectre caractéristique. Néanmoins, on ne peut faire, pour le praséodyme, la même démonstration que pour le néodyme, car l'oxyde en excès existe sous une forme peroxydée, Pr_6O_{11}, produit noirâtre qui ne donne aucun spectre caractéristique dans les conditions indiquées.

En résumé, la spectrographie d'absorption par réflexion, appliquée au groupe des terres rares, permet de mettre en évidence l'existence de certains composés définis qui ne peuvent exister qu'à l'état solide.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude de l'influence d'un traitement de coalescence sur la résistance au fluage.* Note (*) de MM. **Georges Delbart** et **Michel Ravery**, présentée par M. Albert Portevin.

Le traitement de coalescence diminue la résistance au fluage de l'acier; cette diminution se traduit différemment suivant la structure d'origine. En particulier, lorsque la loi $\log v - \log \sigma$ est représentée par deux demi-droites D_1 et D_2, la droite D_1 disparaît, la droite D_2 est déplacée vers la gauche et sa pente devient plus grande.

Dans des Notes antérieures ([1]) et ([2]) nous avons apporté une contribution à l'étude de l'influence de la microstructure sur le fluage à chaud. Le même acier ($C = 0,12$ %, $Cr = 0,6$ %, $Mo = 0,6$ %) a été utilisé pour étudier l'influence d'un traitement préalable de coalescence de 300 h à 700° après divers traitements thermiques choisis d'après les résultats antérieurs, en vue de conférer à l'acier précité les microstructures les plus caractéristiques. Ce sont :

Repère.	Température et durée de préchauffage.	Refroidissement.	Revenu.	Structure observée.
B....	900° pdt 1/2 h	700° pdt 2 h puis à l'air	600° pdt 2 h	Ferrite + perlite
E....	900° »	Eau	600° »	Martensite
M...	900° » puis 1200° pdt 10 mn	Four (50° pdt h)	600° »	Bainite supérieure + ferrite, gros grains
P....	900° pdt 1/2 h puis 1200° pdt 10 mn	300° pdt 1 h puis à l'air	600° »	Bainite inférieure à gros grain

Après le traitement coalescent, les structures B et E ont ce point commun de ne pas présenter d'îlots nettement délimités riches en carbures, comme c'est le cas pour les structures M et P. Ces dernières présentent un très gros grain, B un grain moyen, E le grain le plus fin.

(*) Séance du 3 septembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1025.

([2]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 759.

Les essais de fluage ont été opérés à 450 et 575°, en général pendant 35 h et pour quelques-uns jusqu'à 300 h.

Nous avons ensuite établi en coordonnées logarithmiques les courbes : vitesse de fluage/charge appliquée ($\log v$, $\log \sigma$) et confronté, pour chacune des quatre structures du tableau ci-dessus, les courbes obtenues avec et sans le traitement de coalescence. L'allure des courbes établies de cette manière, pour les traitements indiqués plus haut non suivis du recuit de coalescence, a été montrée antérieurement.

Par rapport à ces résultats, nous avons observé que le traitement de coalescence provoquait principalement les effets suivants (*fig.* 1 et 2) :

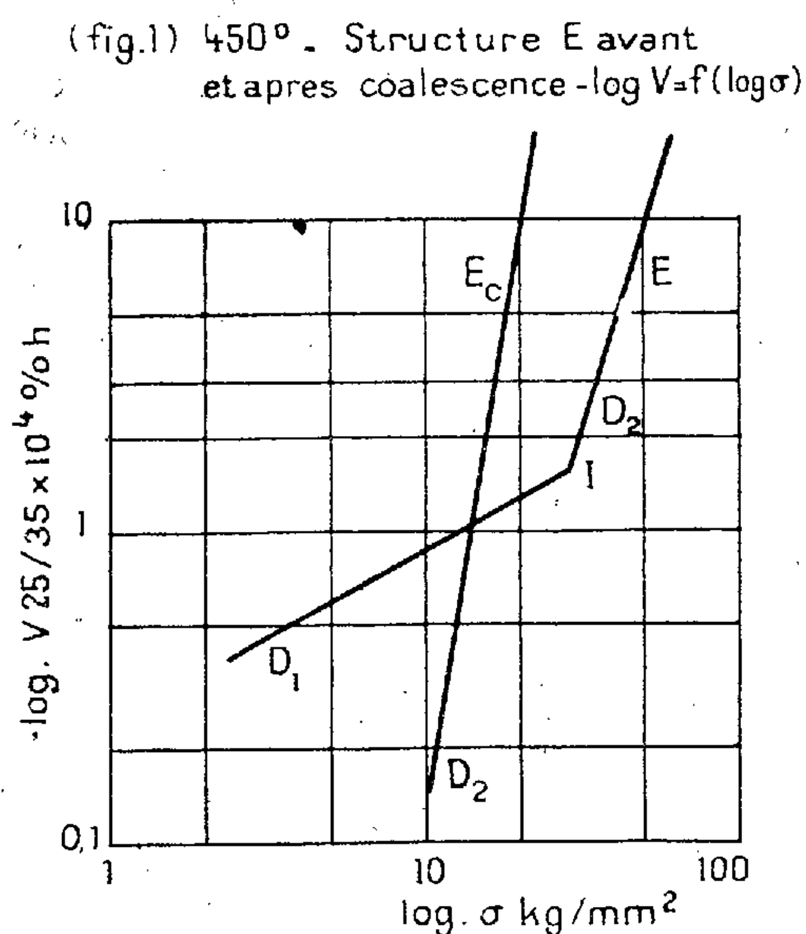


Fig. 1. — Vitesse de fluage en fonction de la charge à 450° de la structure E avant le traitement coalescent (E) et après (E_c).

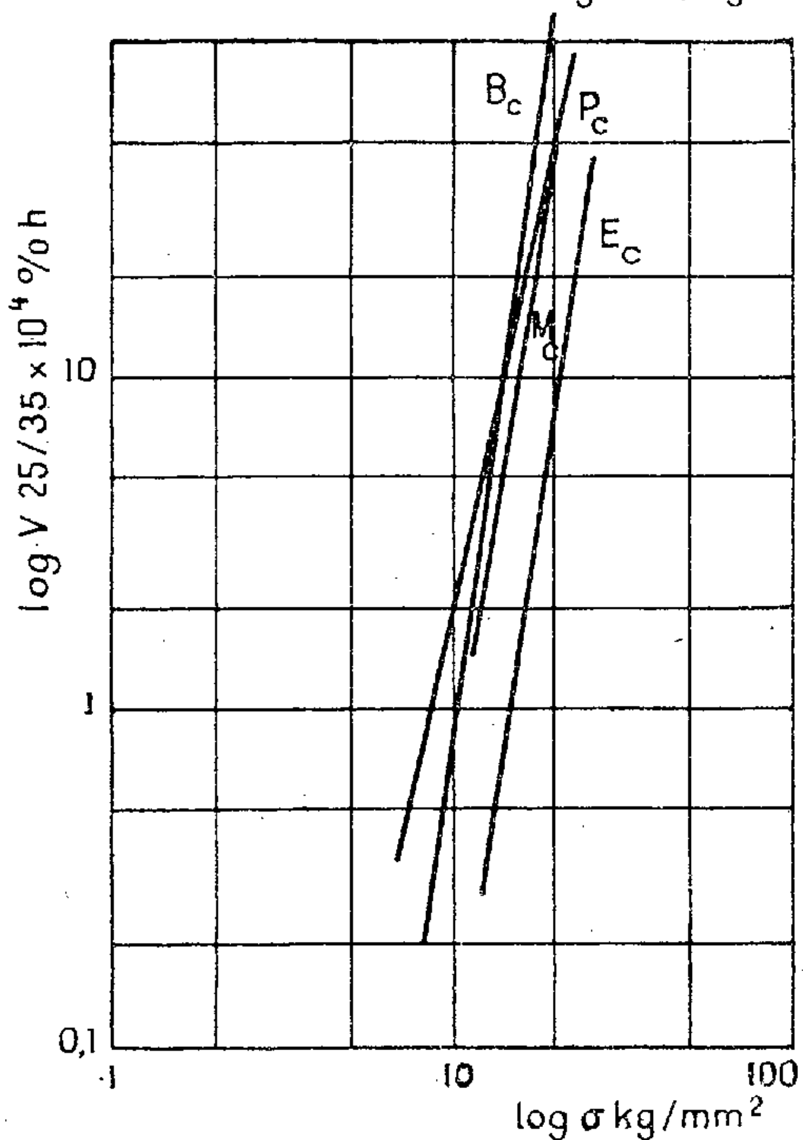


Fig. 2. — Vitesse de fluage en fonction de la charge des structures B, P, M, E après le traitement *c* de coalescence.

a. Le déplacement de D_2 *vers la gauche* (c'est-à-dire une diminution générale de la résistance au fluage). Ce déplacement est net dans presque tous les cas; il est faible seulement pour les structures B et M, essayées à 450°, mais il est important pour les mêmes structures essayées à 575°.

Au contraire, pour les structures E et P, le déplacement, toujours appréciable, est plus marqué à 450 qu'à 575°.

b. Le relèvement de la pente de D_2 (c'est-à-dire une variation plus grande de la vitesse de fluage pour une variation de charge donnée).

Ce relèvement est toujours très net, sauf à 575° pour E et M.

c. Dans tous les cas, *la disparition* (*ou le rejet vers des vitesses très basses*) *de la droite* D_1, quand elle existait précédemment, avec disparition concomitante du point I de changement de pente (ou son rejet très bas).

d. *Le regroupement des droites* $\log v - \log \sigma$, avec toutefois un décalage vers la droite de la droite E_c, relative à la structure E coalescée issue de martensite (*fig*. 2).

L'expression « traitement de coalescence » a été utilisée dans ce texte pour la commodité du langage et aussi parce que le revenu de longue durée à 700° a pour effet principal la sphéroïdisation des carbures, mais nous ne sous-entendons pas par là que la coalescence soit le seul phénomène qui se produise pendant ce traitement.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Nouveaux réactifs pour révéler la structure micrographique des aciers par formation de pellicules colorées*. Note (*) de M. **Louis Beaujard**, présentée par M. Albert Portevin.

Les réactifs suivants : soude 40 g, eau 60 g, nitrate de sodium 15 g, à 100° C et soude 45 g, eau 55 g, bichromate de sodium 10 g, à 100° C provoquent la formation de lames minces d'oxyde Fe_3O_4 à la surface des aciers. Les différences de coloration permettent la mise en évidence des hétérogénéités chimiques et physiques du métal. Il est intéressant de noter que la martensite est colorée en gris bleu par ce réactif.

Le polissage électrolytique des métaux, en offrant à l'examen une surface libre de tout écrouissage, a permis de bien établir que les réactifs micrographiques agissant par formation de produits d'attaque déposés en lames minces, rendent possible l'observation des hétérogénéités physiques et chimiques du métal, mieux que ne peuvent le faire les autres réactifs. En effet, des teintes différentes décéleront ces hétérogénéités, car elles modifient considérablement le processus de croissance de ces lames minces.

Par exemple, Jacquet ([1]), en attaquant le cuivre par de l'hydrogène sulfuré, forme une couche mince de sulfure à sa surface. Galey ([2]) utilise l'apparition des teintes de revenu sur des fontes chauffées pour en déceler la structure. Lacombe et Beaujard ([3]), par une oxydation anodique légère provoquent la croissance d'une couche mince d'alumine à la surface de l'aluminium. Malette ([4]) préconise l'attaque des échantillons d'acier par un réactif nitro-

---

(*) Séance du 3 septembre 1951.

([1]) *Bull. Soc. franç. Métal.*, **1**, 1945, p. 1, *C. G. C. T., L. M. T., Notice* **7**, 1943.

([2]) *Fonderie*, 1951, p. 2313.

([3]) *Études sur les aspects des pellicules d'oxydation anodique formées sur l'aluminium et ses alliages*, Édition du Comité d'organisation des industries mécaniques, 1944, p. 73.

([4]) *La métallographie en couleurs appliquée à l'examen microscopique des métaux ferreux*, Dunod, Paris, 1938.

molybdique. Les couleurs obtenues sont cependant lavées de blanc et les joints des grains de ferrite, ainsi que la perlite, sont fortement attaqués. Le réactif à la soude concentrée et à l'eau oxygénée, le réactif au brome, préconisés par Portevin ([5]), ([6]) pour certains constituants des aciers, ne colorent pas la ferrite.

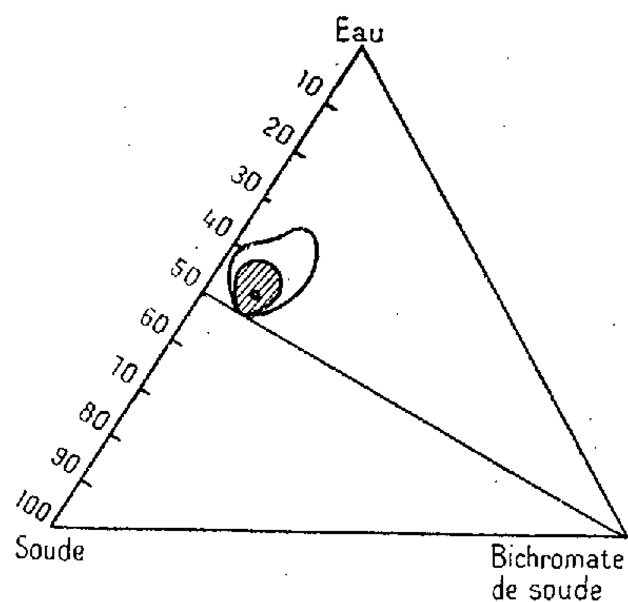


Fig. 1.

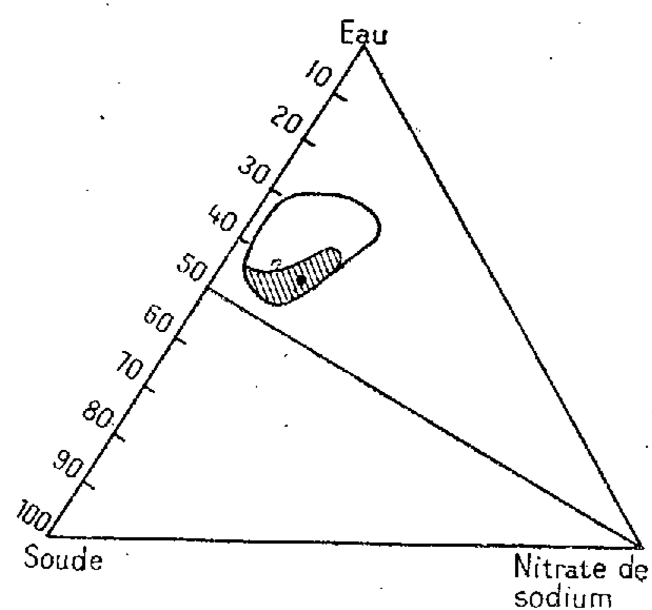


Fig. 2.

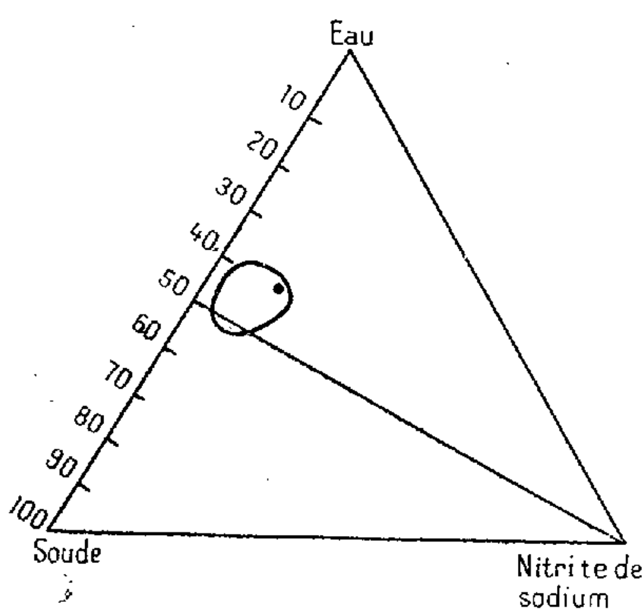


Fig. 3.

Nous avons pensé que les réactifs alcalins oxydants et chauds utilisés pour le bronzage de l'acier, par la formation à sa surface d'une couche d'oxyde Fe_3O_4, permettraient de développer des couches minces en rapport avec la structure du métal sous-jacent. Silman et Love ([7]) citent l'emploi à chaud du nitrate de sodium, du bichromate de sodium, du nitrite de sodium dans une solution concentrée de soude. Nous avons systématiquement étudié les bains alcalins renfermant ces composés. Les diagrammes ternaires des figures 1, 2 et 3 montrent les domaines des compositions utilisables. Généralement, les bains pauvres en oxydant donnent des teintes bleues et grises peu contrastées. Les

([5]) *Réactifs d'attaque métallographique,* Dunod, Paris, 1937, p. 66.
([6]) *Réactifs d'attaque métallographique,* Dunod, Paris, 1937, p. 76.
([7]) *J. Électrodep. Techn. Soc.*, **25**, 1950, p. 65.

bains pauvres en soude donnent des teintes lavées de blanc. Les bains riches en oxydant permettent d'obtenir des teintes vives, mais peu contrastées, alors qu'un excès de soude provoque la formation d'un dépôt pulvérulent sur l'échantillon.

Les compositions les plus recommandables sont donc

Soude	40g	à 100°C
Eau	60cm³	
Nitrate de sodium	15g	
Soude	45g	à 100°C
Eau	55cm³	
Bichromate de sodium	10g	

Le réactif au nitrite n'est pas retenu.

Nous avons remarqué que, quelquefois, la couche se détache de son support et se replie sur elle-même, comme l'avait déjà montré Portevin ([8]) en mettant en garde contre les erreurs d'interprétation que ce fait peut entraîner. Ces réactifs permettent la mise en évidence de la cristallisation ferritique, des hétérogénéités chimiques et ségrégation des aciers en examen macrographique. Nous avons vérifié que la martensite se colore en gris bleu, ce qui est en accord avec une observation de Fine ([9]). Les échantillons où cette phase est présente seront donc examinés plus aisément. Nous poursuivons l'étude de ces pellicules afin de réaliser des répliques permettant l'examen des structures au moyen du microscope électronique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de quelques alcoolates sur les isobutyrates méthyliques α.β-halogénés.* Note (*) de M. **Paul Bieber**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans le cadre de nos études sur le méthacrylate de méthyle ([1]), nous avons examiné les produits d'addition des halogènes. Le dérivé dibromé (I) $CH_2BrCBr(CH_3)COOCH_3$ est obtenu facilement à 10° (Rdt 95 %), mais la chloruration est plus délicate. Elle se fait bien à —60°, catalysée par $SnCl_4$ en milieu chloroformique (Rdt 77 %).

Les alcoolates, et en particulier le méthylate de sodium, employés sans excès, provoquent un départ d'hydracide avec formation de β-bromo (ou de β-chloro) méthacrylates (II). Un excès de méthylate (2 mol) donne une réaction plus complexe : on isole un mélange de ββ-diméthoxyisobutyrate (III)

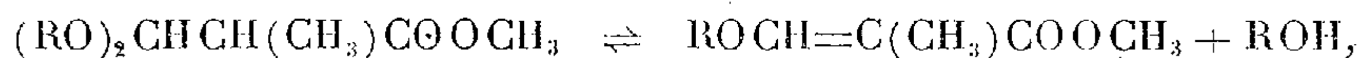
([8]) *Métal Progress*, 36, 1939, p. 761.

([9]) *Metal Progress*, 43, 1946, p. 108.

(*) Séance du 10 septembre 1951.

([1]) P. Bieber, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 291.

et de β-méthoxyméthacrylate (IV) dont l'étude est difficile. Leur séparation se heurte à la réversibilité de la transformation



$$(RO)_2CHCH(CH_3)COOCH_3 \rightleftharpoons ROCH{=}C(CH_3)COOCH_3 + ROH,$$

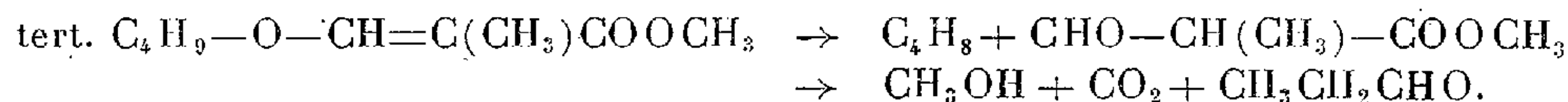
qui se produit par catalyse à la fois acide et basique : bisulfate de sodium, acide sulfurique ou alcoolate alcalin. Cette réversibilité est confirmée par d'autres observations. Une synthèse de Reformatsky partant de l'α-bromopropionate de méthyle et d'orthoformiate de méthyle, ne semble devoir produire que (III). En fait, elle conduit également à un mélange de (III) et (IV). Les esters (IV) ont, par contre, été obtenus purs à partir du mélange. Un chauffage en présence de catalyseurs a permis une distillation lente de l'alcool formé. Inversement, ces esters (IV) reforment, par action de l'alcool en présence de catalyseurs, un mélange riche en (III). Bien qu'on ne puisse pas obtenir ces derniers à l'état de pureté, nous avons pu les transformer en amide correspondante $(CH_3O)_2CHCH(CH_3)CONH_2$, dont l'état solide permet la purification. La facilité de la transformation (III) ⇌ (IV) suppose une grande mobilité de l'hydrogène en α dans (III). On peut l'interpréter par un effet de mésomérie.

La formation des composés de type (IV) à partir de l'ester monobromé (II) ne doit pas être interprétée par un double échange. Il faut admettre pour le bromométhacrylate cette même facilité d'addition qui est connue pour les méthacrylates simples. Ainsi on aurait $ROCHBrCH(CH_3)COOCH_3$. Dans ces dérivés, le brome est trop mobile pour qu'on puisse les isoler. On doit supposer soit une substitution de l'halogène par l'alcoolate, ce qui formerait d'abord (III), soit un enlèvement d'hydracide, ce qui donnerait (IV) en premier.

Les esters (IV) sont faciles à saponifier et fournissent les acides cristallisés du type $ROCH{=}C(CH_3)COOH$. Ces derniers peuvent être décarboxylés par simple chauffage. Les esters (IV) ou encore le mélange (III) et (IV) sont hydrolysés par l'acide sulfurique en solution alcoolique. En présence de 2.4-dinitrophénylhydrazine il se forme le dérivé de l'ester formylpropionique $CHO{-}CH(CH_3)COOR$.

En dehors du méthylate, nous avons utilisé l'éthylate de sodium. Il donne les mêmes résultats avec cette différence qu'une alcoolyse se superpose aux réactions. On isole les esters éthyliques.

Avec le tertiobutylate de potassium, nous avons obtenu le dérivé monoalcoxylé de type (IV). Le dialcoxylé (III) n'a pu être mis nettement en évidence. Le bisulfate provoque une réaction parasite. Il décompose le groupe tert. butoxy avec départ d'isobutylène. La fonction aldéhyde entraîne une décarboxylation, et l'on isole l'aldéhyde propionique



$$\text{tert. } C_4H_9{-}O{-}CH{=}C(CH_3)COOCH_3 \rightarrow C_4H_8 + CHO{-}CH(CH_3){-}COOCH_3$$
$$\rightarrow CH_3OH + CO_2 + CH_3CH_2CHO.$$

Le phénate donne un effet plus simple. L'ester β-phénoxylé de type (IV) se forme seul. Par contre l'action du phénate sur le dibromure (I) est accompagnée d'une déshalogénation avec retour au méthacrylate de méthyle. Cet effet avait déjà été observé sous l'influence d'amines tertiaires ([2]). L'acide libre qui provient de l'ester est stable et permet l'obtention facile de composés dérivés : chlorure d'acide, anilide, amide. Cette dernière est également préparée avec un faible rendement par ammoniolyse de l'ester (IV). Le même acide phénoxylé ne subit la décarboxylation que par chauffage avec de la quinoléine et du cuivre.

Voici les constantes des composés nouveaux isolés :

$CH_2BrCBr(CH_3)COOCH_3$; $C_5H_8O_2Br_2$; $É_{760}$ 203° décomp. cor.; $É_{15}$ 86°; $n_D^{20,5}$ 1,505; $d_4^{20,5}$ 1,805.

$CH_2ClCCl(CH_3)COOCH_3$; $C_5H_8O_2Cl_2$; $É_{760}$ 170-171°; $n_D^{17,5}$ 1,4545; $d_4^{17,5}$ 1,253.

$CHBr{=}C(CH_3)COOCH_3$; $C_5H_7O_2Br$; $É_{760}$ 164° cor.; n_D^{20} 1,488; d_4^{20} 1,4877.

$CHBr{=}C(CH_3)COCl$; C_4H_4OClBr; $É_{20}$ 62-64°.

$CHBr{=}C(CH_3)CONH_2$; C_4H_6ONBr; F 109°.

$CHBr{=}C(CH_3)CONHC_6H_5$; $C_{10}H_{10}ONBr$; F 102-103.

$(CH_3O)_2CHCH(CH_3)CONH_2$; $C_6H_{13}O_3N$; F 90°.

$(NO_2)_2C_6H_3NHN{=}CHC(CH_3)COOCH_3$; $C_{11}H_{12}O_6N_4$; F 99,5-100°.

$CH_3OCH{=}C(CH_3)COOCH_3$; $C_6H_{10}O_3$; $É_{760}$ 175-176°; n_D^{18} 1,460; d_4^{18} 1,070.

$CH_3OCHCl{-}CCl(CH_3)COOCH_3$; $C_6H_{10}O_3Cl_2$; $É_{15}$ 88-91°; n_D^{16} 1,4545.

$C_2H_5OCHClCCl(CH_3)COOC_2H_5$; $C_8H_{14}O_3Cl_2$; $É_{18}$ 100-103°; n_D^{22} 1,445; d_4^{22} 1,1645.

$(CH_3)_3COCH{=}C(CH_3)COOCH_3$; $C_9H_{16}O_3$; $É_{14}$ 86-87°; n_D^{16} 1,4555; d_4^{16} 0,983.

$C_6H_5OCH{=}C(CH_3)COOCH_3$; $C_{11}H_{12}O_3$; $É_4$ 121°; n_D^{19} 1,540, d_4^{19} 1,111.

$CH_3OCH{=}C(CH_3)COOH$; $C_5H_8O_3$; F 105,5-106.

$(CH_3)_3COCH{=}C(CH_3)COOH$; $C_8H_{14}O_3$; F 117-117,5°.

$C_6H_5OCH{=}C(CH_3)COOH$; $C_{10}H_{10}O_3$; F 109°.

$C_6H_5OCH{=}C(CH_3)COCl$; $C_{10}H_9O_2Cl$; $É_{14}$ 142-143°.

$C_6H_5OCH{=}C(CH_3)CONH_2$; $C_{10}H_{11}O_2N$; F 100°.

$C_6H_5OCH{=}C(CH_3)CONHC_6H_5$; $C_{16}H_{15}O_2N$; F 152-153°.

$C_6H_5OCH{=}CHCH_3$; $C_9H_{10}O$; $É_{15}$ 71°; n_D^{19} 1,525; d_4^{19} 0,9713.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les modes de préparation de l'acide mellique.* Note de M. **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

Une publication récente de MM. H. Brusset et A. Uny ([1]) sur l'étude de la préparation de l'acide benzènehexacarboxylique ou acide mellique nous conduit à faire connaître les résultats acquis au cours de recherches que nous poursuivons depuis plus d'une année sur le même sujet.

Depuis la découverte de l'acide mellique par Klaproth ([2]) dans un produit naturel, la pierre de miel ou mellite ou mellate d'aluminium, que l'on trouve

---

([2]) P. Bieber, *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 213.

([1]) *B. S. C.*, 1951, p. 565.

([2]) *Allgem. Journ. d. Chemie v. Scherer*, 3, 1799, p. 461.

dans certains lignites, de très nombreux travaux furent entrepris en vue de la préparation de cet acide. Parmi eux, certains font état de l'action de l'acide sulfurique ou de l'acide nitrique sur diverses sortes de carbone, d'autres utilisent une action oxydante sur l'hexaméthylbenzène.

Les tentatives faites, se rattachant au premier groupe, comportent celles d'un excellent expérimentateur, Verneuil (3), qui a essayé de préparer cet acide à partir du charbon de bois. Sa méthode consistait à faire agir l'acide sulfurique sur le charbon pulvérisé à température progressivement croissante.

En reproduisant de la façon la plus minutieuse la technique de cet auteur sur un charbon de bois commercial, nous n'avons pas pu obtenir un produit présentant les caractères de l'acide mellique. Cependant nous avons pu isoler de très petites quantités (1 à 2 %) d'acides organiques ne pouvant contenir que des traces d'acide mellique puisqu'ils ont toujours donné la réaction de l'acide euchroïque positive, bien que les analyses élémentaires aient tout au plus permis de les considérer comme de l'acide benzènepentacarboxylique. Et cela dans un seul cas sur tous nos essais.

Nous avons aussi suivi la technique de Verneuil en utilisant comme matières premières un lignite d'origine inconnue, de la cellulose de coton et des lignines de sapin et de hêtre préparées selon le procédé de Willstætter et Zechmeister (4) et de Colbe et Duquénois (5). Aucun de ces corps n'a donné naissance à de l'acide mellique.

Ces expériences de longue durée n'ayant donné que des résultats négatifs, on peut supposer que les conditions de formation du charbon végétal et notamment la température de carbonisation constituent les facteurs les plus importants de la réussite de Verneuil. D'ailleurs, cet auteur affirme dans un deuxième Mémoire (6) qu'une autre variété de charbon de bois ne lui a pas donné de résultat positif. Il apparaît donc que ce procédé ne conduit pas à une préparation certaine de l'acide mellique.

Nous avons alors essayé une synthèse partielle à partir de l'hexaméthylbenzène déjà utilisé par Friedel et Crafts en vue de préparer l'acide mellique. Il semblait que l'oxydation permanganique de l'hexaméthylbenzène, telle qu'elle est décrite par ces auteurs, pouvait donner entière satisfaction. Ils auraient ainsi obtenu de l'acide mellique avec un rendement théorique (7). En fait, deux expériences conduites fidèlement selon leurs indications n'ont donné qu'un rendement de 12 %, après avoir laissé l'oxydation se poursuivre à la température du laboratoire pendant quatre mois. Il est à remarquer que, par

(3) *B. S. C.*, 3e série, **11**, 1894, p. 120.
(4) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, **46**, 1913, p. 2401.
(5) *Ann. ph. fr.*, 6, 1948, p. 259.
(6) *B. S. C.*, 3e série, **25**, 1901, p. 684.
(7) C. Friedel et J.-M. Crafts, *Ann. Chim. Phys.*, 6e série, **1**, 1884, p. 449.

rapport à l'hexaméthylbenzène mis en œuvre, la quantité de permanganate de potassium indiquée par Friedel et Crafts ne devrait donner, tout au plus, qu'un rendement de 50 %. D'autre part, on peut supposer que la grande concentration de la solution en permanganate favorisait la coupure du noyau benzénique.

Nous avons donc opéré en solution plus diluée avec une quantité de permanganate de potassium suffisante pour oxyder complètement les groupes méthyle en carboxyle et en chauffant au bain-marie bouillant pendant quatre heures. Le rendement en acide mellique n'est pas amélioré par rapport à celui des expériences précédentes faites à la température du laboratoire. Il en est de même si l'on maintient le chauffage jusqu'à réduction totale du permanganate (142 h).

Ce faible rendement par oxydation permanganique selon Friedel et Crafts a déjà été signalé par Wibaut ([8]) et ses collaborateurs qui décrirent alors une autre méthode. Elle consiste à oxyder l'hexaméthylbenzène par l'acide nitrique fumant en tube scellé, une première fois à 120° pendant 3 h, puis une seconde fois à 160° pendant 6 h. En fin d'opération, le tube contient une solution légèrement colorée en bleu qu'il suffit d'évaporer à siccité pour obtenir l'acide mellique presque pur. Les traces de corps étrangers qui le souillent sont éliminées en le faisant recristalliser dans l'acide nitrique. Nous avons effectué huit essais dans de telles conditions et les résultats obtenus permettent de confirmer le rendement moyen de 30 % indiqué par Wibaut. Bien que cette méthode soit sûre et relativement rapide, elle ne permet d'opérer que sur de faibles quantités de matière en raison des risques d'explosion qu'elle comporte.

C'est alors que nous avons pensé obtenir une solution satisfaisante en faisant subir à l'hexaméthylbenzène quelques transformations avant de procéder à l'oxydation en acide mellique. Les résultats obtenus feront l'objet d'une prochaine Note.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Thioéthers mésodiphénylanthracéniques.*

Note de M. **Robert Panico**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les thioéthers mésodiphénylanthracéniques α dérivent des anthraquinones sulfurées correspondantes, obtenues toutes à partir de la chloranthraquinone α.

L'étude des thioéthers mésodiphénylanthracéniques avait d'abord porté sur le méthylthio-2 diphényl-9.10 anthracène ([1]). J'ai poursuivi ce travail en préparant quelques dérivés à substituant sulfuré en position α.

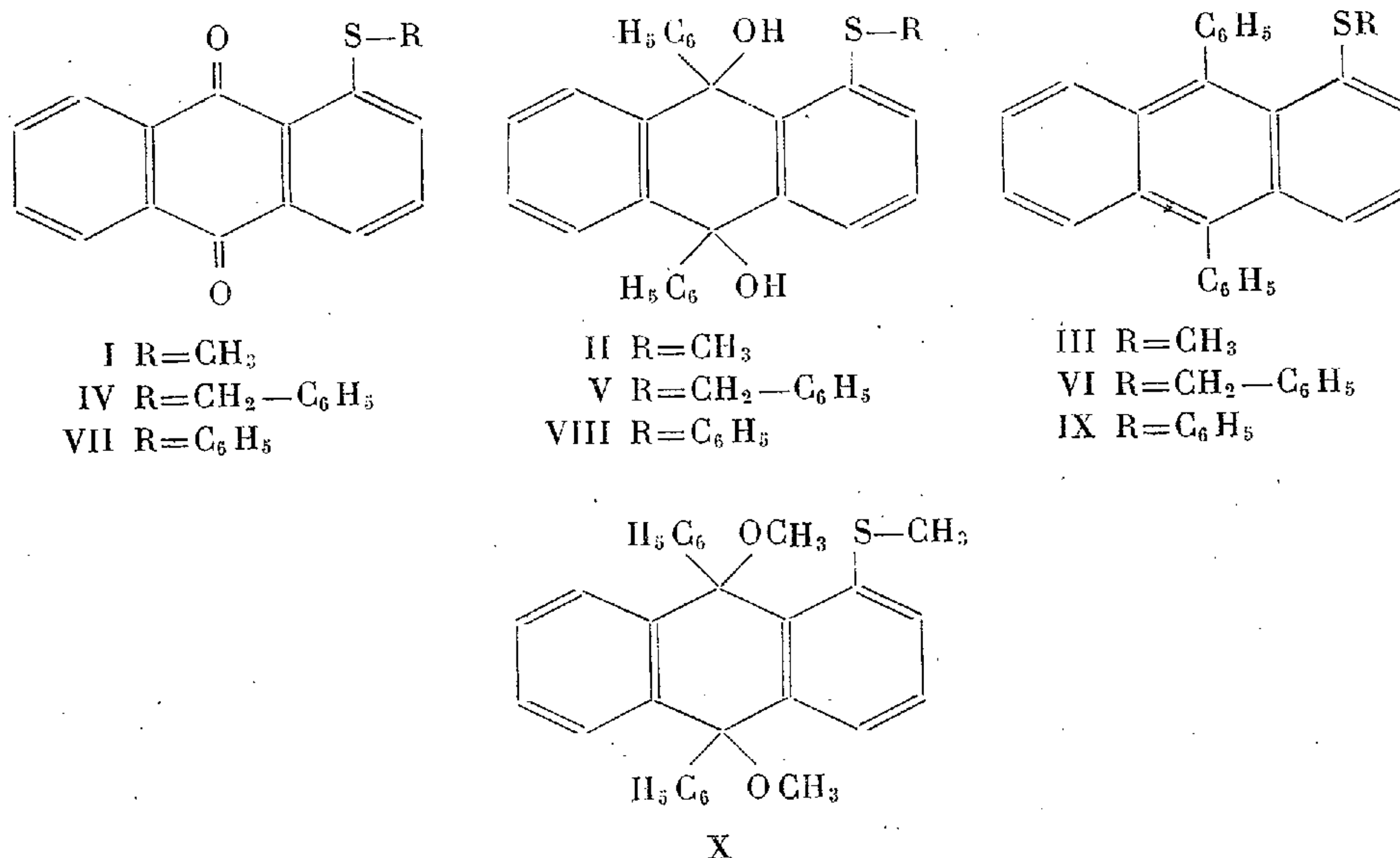
([8]) J. P. Wibaut, J. Overhoff, E. Jonker et K. Gratama, *Rec. Trav. Ch. Pays-Bas*, 60, 1941, p. 743.

([1]) Ch. Dufraisse et R. Panico, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 273.

La phénylation de la méthylthio-1 anthraquinone, I, au moyen du phényllithium a donné le diquinol attendu : le méthylthio-1 diphényl-9.10 dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène : $C_{27}H_{22}O_2S$, II, F_{inst} 164-165° ainsi qu'une très faible quantité d'un produit fondant vers 260° (vraisemblablement le diquinol stéréoisomère). Traité par le méthanol à 1 % de SO_4H_2, le diquinol II donne le diéther méthylique : $C_{29}H_{26}O_2S$, X, F_{inst} 220°.

La réduction du diol II par le trichlorure de titane en milieu acétique conduit au méthylthio-1 diphényl-9.10 anthracène : $C_{27}H_{20}S$, III, F_{inst} 189°.

J'ai préparé d'une manière analogue le benzylthio-1 diphényl-9.10 dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène : $C_{33}H_{26}O_2S$, V, F_{inst} 140°, et le phénylthio-1 diphényl-9.10 dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène : $C_{32}H_{24}O_2S$, VIII, F_{inst} 240°, ce dernier étant accompagné d'une très petite quantité d'un produit fondant vers 300° (il s'agit probablement de l'isomère stéréochimique). La réduction de ces deux diquinols par le trichlorure de titane a donné respectivement le benzylthio-1 diphényl-9.10 anthracène : $C_{33}H_{24}S$, VI, F_{inst} 182°, et le phénylthio-1 diphényl-9.10 anthracène : $C_{32}H_{22}S$, IX, F_{inst} 226°.



Les quinones de départ ont été préparées à partir de la chloro-1 anthraquinone selon les méthodes indiquées par Fries (²) pour la méthylthio-1 anthraquinone I, et par Gattermann (³) pour la benzylthio-1 anthraquinone IV. Quant à la phénylthio-1 anthraquinone VII, les diverses méthodes de prépa-

(²) *Ber. der. deutsch. Chem. Ges.*, 45, 1912, p. 2972.

(³) *Ann. der Chem.*, 393. 1912, p. 139.

ration décrites, savoir : action de C_6H_5SK sur la nitro-1 anthraquinone ([4]) ou sur le sel de potassium de l'acide anthraquinonesulfonique-1 ([5]), condensation du benzène sur le chlorure de l'acide anthraquinonesulfénique-1 en présence de chlorure d'aluminium ([6]), sont des réactions d'une réalisation longue et délicate. J'ai préféré utiliser l'action du thiophénolate de potassium sur la chloro-1 anthraquinone en milieu alcoolique, qui donne facilement la quinone VII attendue.

MINÉRALOGIE. — *Synthèse de deux séléniures de cuivre par compression des poudres cristallines de cuivre et de sélénium.* Note de MM. **Raymond Hocart, Roger Molé** et Mme **Louis Schué-Muller**, transmise par M. Charles Mauguin.

Pour des valeurs de compression unilatérale échelonnées entre 350 kg : cm² et 17 500 kg : cm², deux phases critallines ont été obtenues : aux faibles pressions, une phase type Umangite; aux fortes pressions, une phase type Berzélianite.

Nous avons continué le cycle de nos expériences sur les réactions de l'état solide par simple compression des poudres; les résultats positifs obtenus avec le cuivre et le soufre ([1]) nous ont amenés à étudier le cuivre et le sélénium.

Le cuivre électrolytique en poudre (grosseur moyenne des grains : 20 μ) est réduit dans un courant d'hydrogène à 300°, avant chaque compression, pour que la réaction soit aussi complète que possible.

Le sélénium employé (grosseur moyenne des grains : 10 μ) est chimiquement pur.

Le mélange des poudres est fait dans le rapport 9 Cu : 5 Se, pour le rapprocher à la fois des mélanges de cuivre et soufre précédemment étudiés, et de la composition du séléniure cuivreux cubique non stœchiométrique : $Cu_8Se_5 — Cu_{9,6}Se_5$.

Les produits de la réaction sont visibles au microscope, principalement dans la partie intérieure des pastilles, dès les plus faibles pressions employées; mais ils ne sont décelables dans les diagrammes Debye qu'à partir de 1 300 kg : cm². Cependant, si l'on traite les fragments de pastille par l'ammoniaque pour éliminer le cuivre en excès, les raies Debye d'un séléniure apparaissent

---

([4]) Bayer et Co., *D. R. P.*, 116.951.

([5]) H. Decker et A. Würsch, *Ann. der Chem.*, 348, 1906, p. 239.

([6]) K. Fries et G. Schürmann, *Ber. der deutsch. Chem. Ges.*, 52, 1919, p. 2181.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 424.

([2]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 523.

dès 350 kg : cm²; c'est la phase Umangite, orthorhombique, de formule Cu_3Se_2, ou plus probablement $Cu_{4-x}Se_2$ (³).

Nous lui trouvons les paramètres :

$$a_0 = 4,24 \text{ Å}, \quad b_0 = 6,38, \quad c_0 = 12,44 \quad (\lambda = K_\alpha, \text{ Cu} = 1,5418 \text{ Å}).$$

En revanche, au delà de 1300 kg : cm², deux séléniures sont révélés directement dans les diagrammes Debye, la réaction tendant à être complète à l'intérieur des pastilles par disparition du cuivre et du sélénium libres.

Le séléniure qui domine aux pressions les plus fortes appliquées dans nos expériences est du type $Cu_{2-x}Se$ (berzélianite); cette phase cubique a pour paramètre $a_c = 5,70$ Å. Elle apparaît seule dans les diagrammes X qui correspondent aux compressions de 10 000 kg : cm² faites pendant 1 heure à 170° ou 3 h à 250°. L'élimination rigoureuse des traces de sélénium libre étant ici aléatoire, nous admettons, par la comparaison des diagrammes Debye, qu'il s'agit du même composé non stœchiométrique $Cu_{2-x}Se$ que l'un de nous (²) a produit (et analysé) par séléniuration topochimique, au moyen de SeH_2 gazeux agissant à 300° sur ClCu en monocristaux.

Nous résumons nos déterminations dans un tableau comparatif :

Pression par cm² (kg).	Durée (h).	Température.	Couleur des grains ou des plages.	Phases en présence (les phases dominantes sont soulignées).
350...	1	ordin.	bleu à reflets pourpres (grains disséminés)	Cu + Se + traces de $Cu_{4-x}Se_2$
600...	»	»	id.	id.
1 000...	»	»	id.	id.
1 300...	»	»	bleu gris (plages)	id.
1 400...	»	»	gris violacé (id.)	$Cu_{4-x}Se_2$, $Cu_{2-x}Se$
10 000...	»	»	gris acier (id.)	$Cu_{2-x}Se$, $Cu_{4-x}Se_2$ (traces)
17 500...	»	»	id.	id.
10 000...	»	170°	id.	$Cu_{2-x}Se$
10 000...	3	250°	gris acier homogène (masse)	$Cu_{2-x}Se$

On voit que la nature des phases obtenues dépend de la pression appliquée, à la différence des expériences faites avec le cuivre et le soufre, qui n'avaient permis d'obtenir qu'une seule phase.

(³) J. W. Earley, *The Amer. Min.*, 35, 1950, p. 354-356.

MINÉRALOGIE. — *Reproduction expérimentale de la proustite, en milieu liquide, à la pression ordinaire*. Note de M. **René Weil**, transmise par M. Charles Mauguin.

La synthèse de la proustite, Ag_3AsS_3, par action de l'orpiment sur l'argent métallique, dans la glycérine, se réalise très facilement, à partir d'environ 150° et sans l'intervention de la pression ou d'alcalis.

Nous avons montré dans une Communication antérieure [1], à propos de la domeykite, comment l'emploi de la glycérine à la place de l'eau ou de solutions aqueuses, permettait d'effectuer des synthèses minérales à la pression atmosphérique. La synthèse de la proustite dans ces conditions est particulièrement suggestive et montre sans ambiguïté que le rôle de la pression n'est pas indispensable pour la reproduction de certaines espèces minérales.

La synthèse de la proustite par voie humide, obtenue d'abord par de Sénarmont [2] (action du bicarbonate de sodium sur le sulfoarsénite d'argent à 300°) a été effectuée récemment par Béland [3], ainsi que celle de la Xanthoconite, à 400° par l'action d'un mélange de $Na_2S.9H_2O$, de soufre et d'arsenic métallique sur l'argent, à une pression de l'ordre de 1000 bars. (L'auteur ne chauffe que pendant environ une heure à cette température, mais utilise une durée de refroidissement d'environ 15 h qui ne permet guère de préciser à quelle température et pression s'est effectuée la reproduction des espèces en question).

Dans nos expériences les tubes en verre scellés sont placés dans l'étuve préalablement portée à la température d'expérimentation, sortis au bout d'un temps variable et refroidis rapidement à l'air. Ce procédé nous permet de constater la formation de la proustite à partir de 154°.

Nous avons opéré sur les mélanges $12Ag + As_2S_3$ et $Ag + As_2S_3$ à 236°, le premier pendant 110 heures, le deuxième pendant 84 heures. Les mêmes expériences ont été exécutées à 154° pendant 165 heures et 356 heures. L'argent était sous forme de rognures d'argent pur, As_2S_3 sous forme d'orpiment pulvérisé (Karaïdine, Balia, Asie-Mineure).

La proustite s'est formée dans ces quatre essais, d'autant plus abondamment que la température et la teneur en argent étaient plus élevées. Aucune réaction n'a été totale, il restait encore de l'orpiment et de l'argent. La proustite forme une croûte cristalline rouge, pouvant atteindre 1 mm d'épaisseur, sur les

---

(1) R. Weil et R. Hocart, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 559.

(2) *Ann. Phys. Chem.*, 32, 1851, p. 129.

(3) *Thèse, Université de Toronto*, 1946.

rognures d'argent, hérissée de pointements atteignant 1/10 de mm de côté, constitués par le rhomboèdre b^1 (110). C'est la même forme que celles des cristaux obtenus par Béland et décrits par Peacock ([4]).

Le diagramme de poudre a été comparé à celui de la proustite de Chañarcillo (Chili), échantillon 120-45 de la Collection de Minéralogie de l'Université de Strasbourg.

Équidistances comparées pour les quatre raies fortes (en notation hexagonale) ($\lambda = K_\alpha Cu = 1,5418$ Å).

(*hkil*).	Proustite synthétique (Å).	Proustite de Chañarcillo.
$(12\bar{3}1)$	3,29	3,30
$(21\bar{3}2)$	$2,78_5$	2,81
$(11\bar{2}3)$	$2,58_5$	2,60
$(31\bar{4}1)$	2,53	2,54

Il n'a pas été constaté d'autres sulfoarséniures d'argent dans ces expériences.

Contrairement à ce que l'on pouvait supposer d'après les nombreuses analogies entre le cuivre et l'argent, les réactions se passent tout différemment : formation de domeykite Cu_3As dans un cas, formation de proustite Ag_3AsS_3 dans l'autre.

Dans les essais à 154°, il s'est en outre formé du *réalgar*, AsS, en plus grande abondance dans l'essai le plus riche en argent. Les cristaux qui peuvent atteindre 0,5 mm de longueur, sont les uns adhérents à la proustite, les autres isolés dans le liquide et également développés aux deux extrémités. Ils présentent les formes g^1 (010), g^3 (120), p (001), $b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)$. De nombreuses et fines cannelures manifestent l'existence d'autres prismes. Les propriétés optiques (extinction à −11°, polychroïsme) correspondent bien à celles du réalgar.

Nous avons vérifié qu'à 154° l'orpiment seul ne produit pas de réalgar sous l'action de la glycérine. La formation de la proustite à cette température peut s'écrire



$$3Ag + 2As_2S_3 = Ag_3AsS_3 + 3AsS.$$

A 236°, il ne se forme pas de réalgar, mais de l'arsenic adhérent à l'orpiment, suivant la réaction



$$3Ag + As_2A_3 = Ag_3AsS_3 + As.$$

([4]) *University of Toronto, Geological Series*, n° 51, 1947, p. 79-87.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. CLIMATOLOGIE DYNAMIQUE. — *Sur la propagation d'ondes de pression quasi stationnaires.* Note (*) de M. **Lucien Petitjean**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

La Note fait suite à trois Notes antérieures sur la répartition géographique des domaines d'anomalies de la pression atmosphérique au cours de l'année ; elle les complète par l'indication du lieu d'origine des ondes de pression dont on détaille le mécanisme de propagation.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons indiqué la position géographique moyenne des trajectoires des centres de domaines d'anomalies de la pression atmosphérique annuelle. Les oscillations de cette pression autour de sa valeur moyenne se propagent, sous forme d'ondes quasi stationnaires, entre les sommets des lignes ventrales des domaines d'anomalies (lignes de crête et lignes de creux situées de part et d'autre des lignes nodales).

Pendant chacun des intervalles consécutifs de 12 mois, plusieurs ondes se succèdent en un lieu donné ; la courbe de la pression y est discontinue et composée d'une suite d'arcs de sinusoïdes d'une période moyenne de 24 mois, mais de phase et d'amplitude variables d'un endroit à l'autre. Il existe, en général, trois ondes de hausse alternant avec trois ondes de baisse ; elles partent de centres de divergence pour aboutir à des centres de convergence après un intervalle de temps de 4 à 6 mois pendant lesquels elles parcourent, en moyenne, un arc de 40° de longitude. Le cas le plus simple est celui qui avait été indiqué précédemment ([2]) d'une seule onde de hausse et d'une seule onde de baisse (ondes conjuguées). La courbe de la pression est alors sinusoïdale et continue dans l'intervalle de 12 mois compris entre l'époque de la divergence de l'une des ondes et l'époque de la convergence de son onde conjuguée.

La propagation des ondes peut être suivie synoptiquement en traçant leurs lignes d'égale phase ou « isophases » qui sont disposées concentriquement par rapport aux centres de divergence et de convergence situés aux sommets des lignes ventrales. *Les isophases d'une onde donnée de hausse (ou de baisse) coïncident avec des lignes d'anomalie nulle entre deux rencontres successives de cette onde avec des ondes de baisse (ou de hausse).* Pendant cette phase « active » de l'onde en question, les domaines d'anomalies se dilatent autour des sommets des lignes de crête (ou de creux) et se contractent autour des sommets des lignes de creux (ou de crête) lorsque la pression hausse (ou baisse).

(*) Séance du 16 juillet 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1255.

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1997 et 227, 1948, p. 775.

La rencontre d'une onde active de hausse (ou de baisse) et d'une onde passive de baisse (ou de hausse) a lieu le long d'une ligne nodale au moment où l'anomalie atteint son amplitude maximum au point de divergence de l'onde active. Simultanément, l'onde passive de baisse (ou de hausse) devient active à son tour tandis qu'une nouvelle onde de hausse (ou de baisse) part d'un nouveau point de divergence et se dirige à sa rencontre.

Les centres de divergence et de convergence des ondes de pression suivent les mêmes trajectoires que les centres des domaines d'anomalies. Dans le tableau ci-après sont indiqués, pour les années de rang n, $n+2$, ..., les lieux et époques des divergences et des convergences :

ΔH, divergence d'une onde de hausse; ΔB, divergence d'une onde de baisse;
ΓB, convergence d'une onde de baisse; ΓH, convergence d'une onde de hausse.

Les neuf trajectoires qui figurent dans le tableau sont ainsi déterminées dans l'espace et dans le temps. Pendant les années intermédiaires $n+1$, $n+3$, ..., les ondes de hausse sont remplacées par des ondes de baisse et vice versa.

	Mer d'Aral.	Monts Ourals.	N Laponie.		N Laponie.	S-E Islande.	Jutland.
ΔH...	Avant décembre	Février	Août	ΔB...	Décembre	Mars	Juin
ΓA...	Février	Septembre	Décembre	ΓH...	Mars	Juillet	Novembre
	Islande.	S-W Groënland.	Terre-Neuve.		S Mer Hudson.	Haut Missouri.	N. Mexique.
ΔH...	Avant décembre	Janvier	Mai	ΔB ..	Décembre	Mars	Septembre
ΓB...	Avril	Octobre	Décembre	ΓH...	Avril	Août	Octobre
		Golfe Mexique.	C. Hatteras.		Est Cuba.	25° N-65° W.	
ΔH...	–	Avril	Juin	ΔB...	Décembre	Mars	–
ΓB...	–	Juillet	Décembre	ΓH...	Juin	Août	–
					Iles Canaries.	Algérie.	Tunisie.
–	–	–	–	ΔB...	Décembre	Mars	Juin
–	–	–	–	ΓH...	Mars	Août	Novembre
	Rhénanie, W Tripolitaine.	Mer Égée.	Anatolie.		Haut Dniepr.	Arménie.	
ΔH...	Avant décembre	Mai	Août	ΔB...	Décembre	Avril	–
ΓB...	Avril	Août	Décembre	ΓH...	Mars	Juillet	–

Les centres de divergence des ondes de hausse et les centres de convergence des ondes de baisse sont situés sur des faisceaux de lignes de crête compris entre des faisceaux de lignes de creux sur lesquels se trouvent les centres de divergence des ondes de baisse et les centres de convergence des ondes de hausse.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la détermination des nombres de chocs des régions* E *et* F *de l'ionosphère*. Note (*) de MM. **Karl Rawer**, **Klaus Bibl** et **Émile Argence**, présentée par M. Jean Cabannes.

D'un abondant matériel de mesures, des valeurs des nombres de chocs des régions E et F ont été déduites. En ce qui concerne la région F on a tenu compte de la double focalisation due aux variations de courbure de la couche.

A. *Observations relatives à la région* F. — 1. Nous avons effectué 32 mesures de nuit, de façon à éliminer l'influence de la région D, de novembre 1949 à avril 1950 et durant le mois de février 1951. Chacune de ces mesures comporte les observations de 4 fréquences; les échos multiples sont lus simultanément. Nous avons examiné toutes les amplitudes de manière à tenir compte des phénomènes de focalisation. Le coefficient est déduit des mesures d'amplitudes des réflexions multiples d'après la méthode classique.

2. Les valeurs du décrément δ_a ont été tabulées en fonction des valeurs du rapport f_c/f (f_c désignant la fréquence critique, f la fréquence de travail). Nous obtenons ainsi une forte dispersion se manifestant par la présence de valeurs positives et négatives de δ_a, phénomène attribué à la double focalisation. Finalement nous portons en abscisses les valeurs du rapport f_c/f et en ordonnées les valeurs du décrément δ_a tirées des valeurs médianes. Nous avons la relation :

$$\delta_a\left(\frac{f_c}{f}\right) = \delta_T + \mathcal{N}.\Delta_3\left(\frac{f_c}{f}\right),$$

où δ_T désigne l'effet de sol, $\mathcal{N} = (\log_{10} e) y_m \nu_0/c$ (ν_0 nombre de chocs au centre de la couche; $c = 3.10^{10}$ cm : s).

$\Delta_3(f_c/f)$ est déduit de l'étude d'un modèle parabolique de couche avec l'hypothèse d'une variation exponentielle du nombre de chocs (¹). δ_T peut être éliminé lorsque l'on opère avec différentes valeurs de f_c/f. On déduit ensuite les valeurs de ν_0 et δ_T.

De l'ensemble des mesures nous avons obtenu les valeurs suivantes :

$$\nu_0 \sim 2.10^2 \quad [s^{-1}],$$
$$\delta_T \sim 1 \quad [\text{db}].$$

L'étude du champ de dispersion montre que 50 % des points sont compris dans une gamme de ± 3 db.

δ_1 désignant le décrément « photométrique » (¹), nous pouvons écrire, en

(*) Séance du 20 août 1951.

(¹) E. Argence et K. Rawer, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 996; E. Argence, M. Mayot et K. Rawer, *Ann. de Géophys.*, 6, 1950, p. 242.

incidence normale, d'après l'optique géométrique ([2]),

$$\delta_1 = \log_{10}(2h) + \log_{10}\frac{\rho - h}{\rho}.$$

Le calcul du décrément d'absorption δ_a permet d'éliminer le premier terme du second membre; l'effet de focalisation se manifeste par l'existence du second terme : $\log_{10}(\rho - h)/\rho$, où ρ désigne le rayon de courbure de la couche. Nous obtenons ainsi des valeurs positives et négatives de ρ avec une valeur médiane de l'ordre de 700 km, résultat en bon accord avec les mesures de Pierce et Mimno ([3]).

B. *Observations relatives à la région* E. — Une autre série de mesures effectuées sur cinq fréquences chaque jour à midi durant deux années nous donne des renseignements intéressants sur l'absorption par la région E ([4]). Ici interviennent les influences de l'absorption non sélective de la région D et de l'absorption sélective de la région E.

a. La variation de l'absorption non sélective est connue en fonction de la fréquence.

b. L'influence de l'absorption sélective est calculée en fonction de f_c/f on a

$$\delta_a = \frac{B}{(f+f_L)^2} + \mathfrak{N}.\Delta_3\left(\frac{f_c}{f}\right)$$

(f_L désignant la gyrofréquence, B une fonction caractéristique de l'influence de la région D). Les influences des régions D et E sont ainsi séparées et l'on obtient

$$\nu_0 \sim (6 \text{ à } 7).10^3[s^{-1}],$$

$$B \sim 260\,[\text{db. MHz}^2] \text{ (valeur médiane à midi).}$$

C. Rydbeck ([5]) donne la condition suivante pour l'existence de la composante Z :

$$\operatorname{tg}^2\Psi = \frac{1}{2}\left[\sqrt{1+\left(\frac{\omega_H}{\nu_c}\right)^2} - 1\right]$$

ou encore

$$\nu_c = \frac{\omega_H}{2}\frac{\cos^2\Psi}{\sin\Psi}$$

(ω_H gyropulsation, ν_c nombre de chocs critique, Ψ inclinaison magnétique) et conclut en ce qui concerne la région E, compte tenu du nombre de chocs élevé $\nu = 2.10^5[s^{-1}]$, à l'existence des composantes Z et X pour une latitude

---

([2]) K. Rawer, *Rev. Scientif.*, **86**, 1948, p. 585.

([3]) *Phys. Rev.*, **57**, 1940, p. 95.

([4]) K. Bibl et K. Rawer, *Journ. Atm. Terr. Phys.* (sous presse).

([5]) O. Rydbeck, *Trans of Chalmers University*, N° **101**, 1951.

correspondant à 80° d'inclinaison magnétique. Or les mesures effectuées en Terre Adélie ($\Psi = 86°$) montrent l'existence permanente de la composante O, une composante Z additionnelle n'étant observée que pour un tiers des cas. Ces observations sont en bonne concordance avec la *théorie du couplage* ([5]) si l'on adopte, pour les jours normaux du point de vue magnétique, notre valeur du nombre de chocs pour la région E.

VOLCANOLOGIE. — *Sur la distribution des volcans à la surface de la Terre.* Note (*) de M. **Matthias Matschinski**, présentée par M. Théodore Monod.

De nombreuses considérations suggèrent que la présence dans une localité donnée d'un volcan actif ou éteint est en relation avec une instabilité mécanique ou un certain processus d'élévation ou d'affaissement qui existe ou avait existé auparavant. Dans la présente Note et dans la Note citée ([1]) l'auteur a essayé de donner à cette conception déjà très répandue une forme mécaniquement concrète (« effet de voûte ») et de la lier avec sa théorie de la formation des continents.

1. Des calculs numériques démontrant que parmi les différentes hypothèses sur les causes mécaniques des éruptions seule l'hypothèse d'une absence d'équilibre isostatique conduit à des nombres comparables avec les nombres réels, ont été exposés par moi-même à un autre endroit ([1]). Je me permettrai de désigner cette conception pour abréger, comme « effet de voûte ». Par ce terme nous n'entendrons pas naturellement la formation de quelque chose qui rappelle la voûte réelle des constructions humaines, mais seulement la transmission du poids de masses pesantes aux surfaces de pression relativement exiguës de la « naissance de voûte » qui provoque la surcharge (par comparaison avec la pression aux endroits de l'équilibre isostatique déjà établi) nécessaire pour expliquer le phénomène d'éruption. Or, bien que cette hypothèse de l'« effet de voûte » explique quantitativement le phénomène d'éruption, il est extrêmement désirable, pour la rendre complète, d'y ajouter des considérations sur l'origine de pareilles irrégularités de structure provoquant un déséquilibre isostatique local et surtout de démontrer que les lieux de ces irrégularités hypothétiques concordent effectivement avec les lieux de présence réelle de volcans (actifs ou éteints).

2. En partant de la théorie de la formation des continents, développé par l'auteur ([2]), on peut prévoir la présence de telles irrégularités (ayant une lointaine ressemblance avec les lieux de la naissance de voûte) précisément sur les bords de fragments fondamentaux de l'écorce terrestre. En effet, on se

(*) Séance du 10 septembre 1951.

([1]) *Cahiers géologiques de Thoiry*, n° 9, 1951, p. 75.

([2]) *Ibid.*, n° 7, 1951; *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1882, 1937 et 233, 1951, p. 492; *Revue Géomorphol. dyn.*, 2, n° 4, 1951, p. 145.

figure d'ordinaire ces fragments de l'écorce terrestre ayant donné naissance aux continents comme des parties d'une surface sphérique (ou ellipsoïdale) de courbure égale à celle de la Terre entière sous-jacente. Une telle conception exige que la pression devrait être partout approximativement égale. Par contre, la conception, proposée par l'auteur, d'une écorce terrestre « éclatée », ayant donné des fragments à rayon de courbure inférieur à celui de la Terre entière, permet facilement de déterminer les lieux de surpression. Bien entendu, on ne doit pas se figurer un continent futur (par exemple, pour simplifier, un continent de forme générale triangulaire : Amérique du Nord, Amérique du Sud, Australie, Afrique) sous forme d'un triangle sphérique idéal s'appuyant, comme ainsi dire sur trois pieds, sur ses trois sommets et touchant par ceux-ci la surface de la Terre. Bien entendu, les zones moyennes s'affaissent très vite. Il est, toutefois, évident que c'est précisément sur les bords et non dans les zones moyennes des continents que peut naître l'excès de pression dont il a été question au paragraphe précédent.

3. Ces considérations générales seraient sans valeur, si elles ne conduisaient pas à des corollaires comparables avec les données géographiques. C'est avant tout la situation côtière de la plupart des volcans qui a autrefois suggéré l'idée de l'influence du suintement de l'eau de mer. Or, les volcans n'étant situés sur les côtes qu'au sens large du terme, à savoir seulement sur les cartes à l'échelle hémisphérique, cette hypothèse est toute artificielle, sans compter ses autres défauts; par contre, pour l'hypothèse de l'« effet de voûte » ce fait ne présente évidemment aucune difficulté.

Bien plus importants sont toutefois deux autres corollaires, à savoir :

1. *Les séries des volcans forment des arcs.* — Ce fait qui ressort directement d'un examen des cartes est connu, mais jusqu'à présent on ne lui a pas prêté l'attention qu'il mérite. Cependant, du point de vue de la théorie générale, il possède une importance capitale. Mathématiquement, il peut être exprimé, en tant que corollaire de la théorie proposée par nous, comme suit : soit R le rayon de la Terre entière, r le rayon primitif (instantané) des fragments de l'écorce terrestre, $\Delta R = R - r$ la différence de ces rayons, enfin Q le rayon d'arc « cartographique » de coïncidence de la surface terrestre avec le bord du fragment. En appliquant les formules élémentaires de géométrie analytique, on trouve que le rayon $Q = \pi R/2 \pm \sqrt{2 R \Delta R}$ et, par conséquent il a une valeur finie, c'est-à-dire les séries des volcans sont les arcs et non les lignes droites.

On voit ainsi que le fait géographique concorde qualitativement avec les résultats de la théorie simple développée au paragraphe 2. En conséquence, il est rationnel, dans la description d'une « chaîne » de volcans, d'introduire à côté de la « densité » de Sepper le rayon « cartographique » de l'arc formé par cette série de volcans. Bien entendu, la formation de plissement, ainsi que d'autres processus de l'orogénèse, ont pu modifier l'emplacement de tel ou tel

autre volcan, de sorte qu'on ne peut parler du « rayon » d'une série de volcans que comme d'une moyenne. Cependant, la formule donnée peut être considérée comme d'autant plus exacte que l'arc est plus grand. Appliquons-la en conséquence à l'ensemble des arcs volcaniques sur les bords de l'Océan Pacifique.

II. *L'« Anneau de feu » de l'Océan Pacifique et les dimensions de cet Océan.* — Exprimant Q, en mesures angulaires (bien entendu, en celles des arcs géodésiques et non en celles de la latitude et de la longitude) et admettant pour ΔR des valeurs approximatives à 120 km près (*voir* les articles cités), on obtient $Q_{\text{mes. angul.}} = 90° \pm 12°$. En examinant la carte, on voit : la distance entre les volcans du Kamtchatka (60° lat. Nord) et ceux de l'Antarctique (80° lat. Sud) $= 145°$ (d'un arc géodésique) au lieu de $2Q = 155°$; la distance entre les volcans du Pérou (75° longit. Ouest) et ceux du bord oriental de l'Indonésie (130° long. Est) $= 155°$, valeur coïncidant avec le chiffre théorique. Ces dernières considérations montrent également que l'Océan Pacifique n'est pas « démesurément grand » et n'a pas besoin, pour son explication, d'hypothèses supplémentaires (détachement d'une partie de la masse terrestre, etc.), mais est précisément tel qu'il devrait être.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la constitution chimique de l'asiaticoside et notamment de l'acide asiatique.* VI ([1]). *Rattachement de l'acide asiatique à la série de l'α-amyrine.* Note de Mme **Judith Polonsky**, présentée par M. Marcel Delépine.

Obtention de Nor-α-amyrène à partir de l'acide asiatique.

Nos recherches antérieures ([1]), ([2]), ([3]) nous ont conduit à penser que l'acide asiatique $C_{30}H_{48}O_5$ appartient à la famille des triterpènes.

Après avoir déterminé ses groupements fonctionnels (un carboxyle, une double liaison, et trois hydroxyles dont deux secondaires en position 1, 2), nous nous sommes efforcée de prouver la nature triterpénique de l'acide asiatique. Pour cela nous avons procédé à l'élimination des fonctions oxygénées de sa molécule dans l'intention d'obtenir un triterpène de structure connue.

Dans une Note précédente ([1]) nous décrivons un déshydroxy-acide résultant de l'élimination des trois hydroxyles de l'acide asiatique et auquel nous avons

---

([1]) Ve Communication, *voir* J. Polonsky, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 93.

([2]) P. Boiteau, A. Buzas, E. Lederer et J. Polonsky, *Nature*, **163**, 1949, p. 258; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 46.

([3]) J. Polonsky, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1450; **230**, 1950, p. 485 et 1784; **232**, 1951, p. 1878.

attribué la forme $C_{30}H_{46}O_2$, avec laquelle les résultats de combustion étaient en bon accord. Précisons que cette concordance serait maintenue avec une formule $C_{29}H_{46}O_2$.

Il ne restait alors qu'à éliminer la dernière fonction oxygénée : le carboxyle. Pour cela nous avons appliqué les réactions généralement employées en série triterpénique pour la substitution de $-CH_3$ à $-COOH$:



$$RCOOH \rightarrow RCOCl \rightarrow RCHO \rightarrow RCH = N - NH_2 \rightarrow RCH_3.$$

Le déshydroxy-acide ci-dessus est transformé en chlorure d'acide qui, hydrogéné d'après Rosenmund, donne l'aldéhyde correspondant (prismes F 172-174°). $[\alpha]_J = +87°,5$ [$(CHCl_3)$ c = 0,96].

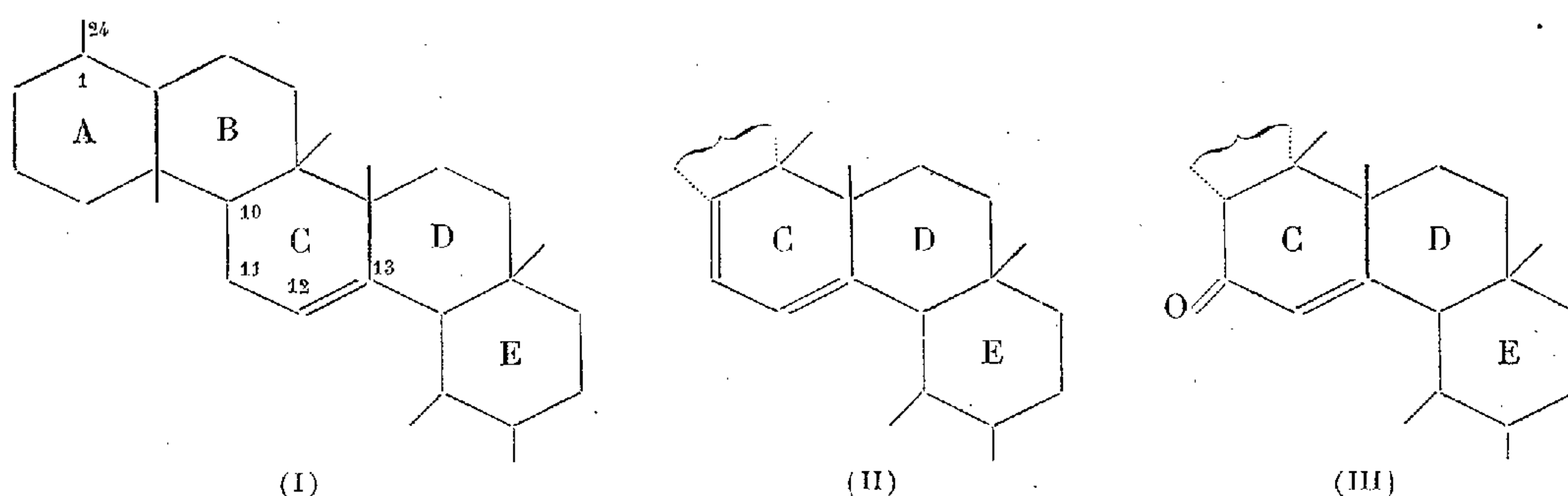
$C_{30}H_{48}$, calculé %, C 84,83; H 11,39; $C_{29}H_{46}O_2$, calculé %, C 84,80; H 11,29; trouvé %, C 84,63; H 11,33.

Cet aldéhyde donne facilement une 2,5-dinitrophénylhydrazone (F 230-232°), $C_{35}H_{50}O_4N_4$, calculé %, N 9, 47; trouvé %, N 9, 73.

L'aldéhyde traité par l'hydrazine et l'éthylate de Na en tube scellé à 200° (réaction de Wolff-Kishner) ou par de l'hydrazine et la KOH dans le diéthylèneglycol à 200° ([4]) fournit un hydrocarbure (F 170-173°), $[\alpha]_J = +110°,7$ [$(CHCl_3)$ c = 1,106].

$C_{30}H_{50}$, calculé %, C 87,73; H 12,27; $C_{29}H_{48}$, calculé %, C 87,80; H 12,20; trouvé %, C 87,54; H 12,38.

Nous avons identifié cet hydrocarbure au 23-Nor-α-amyrène (Nor-β-boswellène) $C_{29}H_{48}$ (I) ([5]), ([6]).



(I) (II) (III)

L'identité ressort de la comparaison des points de fusion, du point de fusion du mélange des deux hydrocarbures, ainsi que de leurs pouvoirs rotatoires. Elle est étayée par l'identité des deux dérivés suivants préparés à partir de chacun des deux hydrocarbures.

([4]) Huang Minlon, *J. Am. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 2487.
([5]) J. C. E. Simpson et N. E. Williams, *J. Chem. Soc.*, 1938, p. 1712.
([6]) L, Ruzicka, O. Jeger et W. Ingold, *Hel. Chim. Acta*, 27, 1944, p. 1865.

1° $\Delta^{10,11,12,13}$-23-Nor-α-amyradiène (II) obtenu par action de N-bromo-succinimide sur le 23-Nor-α-amyrène (I) ([6]).

2° Une cétone α, β insaturée, le 23-Nor-11-oxo-α-amyrène (III), obtenue par oxydation de chacun des hydrocarbures; F 119-120°. $C_{29}H_{46}O$, calculé %, C 84,80; H 11,29. trouvé %, C 84,79; H 11,42. $[\alpha]_J = +144°,5$ [$(CHCl_3)$ c = 1,106].

Le tableau suivant prouve l'identité des deux hydrocarbures :

Composé.		Origine.	F.	$[\alpha]_J$.	λ_{max} U. V.
Nor-α-amyrène.	(I) ([7])	Nor-α-amyrénone....	170-173°	+110°,9	
	(I)	Acide asiatique	170-173°	+110,7	
Nor-α-amyradiène.	(II)	Nor-α-amyrénone....	148-151°	+437,5	281 mμ log ε = 4
	(II)	Acide asiatique	147-151°	+441,4	281 mμ log ε = 4,01
Nor-oxo-α-amyrène.	(III)	Nor-α-amyrénone....	118-120°	+142,8	250 mμ log ε = 4,15
	(III)	Acide asiatique	119-120°	+144,5	250 mμ log ε = 4,07

On n'observe pas d'abaissement du point de fusion par mélange des cristaux.

L'identité des deux hydrocarbures a été confirmée par la comparaison de leurs spectres I. R. ([8]).

Il ressort de ces essais que le déshydroxy-acide décrit antérieurement ([4]) à la formule $C_{29}H_{46}O_2$. Nous montrerons par la suite que la formation de cet acide à partir de l'acide asiatique a engendré la perte d'un $—CH_2$.

En conclusion : *l'acide asiatique est un dérivé de l'α-amyrine.*

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Action de la vapeur fluente sur le para-hydroxybenzyl-sénevol contenu dans les graines de moutarde blanche à l'état de sinalboside.* Note de M. **Émile André** et M[lle] **Marie Carbouères**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans de précédentes publications ([1]) nous avons signalé que si l'on fait agir la vapeur fluente pendant une durée assez longue sur du tourteau de colza ou de navette divisé en menus fragments et que l'on condense la vapeur qui l'a traversé, on constate qu'une partie du soufre existant dans le produit se dégage sous forme de composés volatils dans lesquels on peut constater la présence d'hydrogène sulfuré par les réactifs habituels. Le tourteau ainsi traité est facile à sécher, sa couleur a un peu bruni. Si l'on titre comparativement le crotonyl-

---

([7]) La Nor-α-amyrénone, à partir de laquelle nous avons préparé le Nor-α-amyrène, est due à M. O. Jeger.

([8]) Ces spectres I. R. ont été obtenus par M. P. Barchewitz et M[me] R. Mathis.

([1]) *C. R. Acad. agr. France*, 36, 1950, p. 570; *Ann. Agronom.*, Série A, 1, 1951, p. 47, Brevet français n° 590 062, Mai 1950.

sénevol que peuvent dégager le tourteau initial et le tourteau « cuit vapeur », après macération dans l'eau en présence du ferment dit « myrosinase », on constate que le glucoside, gluconapine, dont la décomposition fournit du crotonylsénevol a presque entièrement disparu, si l'action de la vapeur fluente a été maintenue assez longtemps. Nous ne voulons pas insister ici sur l'intérêt pratique que peut présenter cette réaction.

La graine de moutarde blanche contient un glucoside particulier, le sinalboside, dont le dédoublement hydrolytique fermentaire met en liberté un sénevol spécial, le para-hydroxybenzylsénevol. Ce sénevol n'est pas entraînable à la distillation avec la vapeur d'eau, il représente l'exemple, peut-être unique, d'une huile essentielle non volatile. Par ses qualités culturales, que nous nous contentons de signaler, la moutarde blanche serait le meilleur des oléagineux de printemps ([2]), si la présence du sinalboside dans le tourteau qu'elle fournit n'en interdisait l'emploi d'une manière absolue comme aliment du bétail. Bien qu'il ne possède qu'une odeur anisée assez faible, le para-hydroxybenzylsénevol n'en réagit pas moins d'une manière intense sur la peau et sur les muqueuses en provoquant des brûlures graves.

Nous avons voulu vérifier quelle pouvait être l'action de la vapeur d'eau sur le sinalboside. Le tourteau de moutarde blanche, obtenu par pression, a été traité exactement comme nous avions fait pour le tourteau de colza. Nous avons constaté le même dégagement de composés sulfurés volatils malodorants donnant avec les procédés habituels les réactions de l'hydrogène sulfuré. Il n'existe aucune méthode d'analyse qui permette de doser le para-hydroxybenzylsénevol auquel l'hydrolyse fermentaire du sinalboside donne naissance. Les difficultés restées jusqu'ici insurmontables reposent à la fois sur son défaut de volatilité et sur sa grande oxydabilité à l'air ([3]). Nous avons pensé que nous pourrions obtenir un renseignement utile en dosant le soufre contenu, d'une part dans le tourteau initial et d'autre part sur le tourteau soumis au traitement prolongé par la vapeur fluente, traitement qui lui fait perdre à la fois sa saveur amère et son action rubéfiante. Voici les résultats que nous avons obtenus :

	Soufre contenu dans 100 g de produit (g).
Tourteau initial	1,67
Tourteau « cuit vapeur »	1,42
Soufre entraîné à l'état de composés volatils	0,25

Une proportion de 15 % du soufre total contenu dans le tourteau a donc passé à l'état de composés entraînables par la vapeur.

([2]) *C. R. Acad. agr. France*, 35, 1949, p. 199.
([3]) *Ann. agronom.*, 19, 1949, p. 764 à 770.

Dans quelle mesure ces résultats sont-ils en relation avec la quantité de sinalboside contenu dans le tourteau étudié ? Si tout le soufre qui s'est dégagé provenait du parahydroxybenzylsénevol existant sous la forme de sinalboside, le calcul indique qu'il en contiendrait 1,27 g pour 100 g, quantité qui n'a rien d'invraisemblable.

Pour vérifier indirectement notre hypothèse nous avons fait subir à trois échantillons de tourteaux de colza ou de navette les mêmes opérations et nous avons comparé la quantité de soufre volatil entraîné par la vapeur fluente agissant sur le tourteau sec avec la quantité de soufre volatil contenue dans le crotonylsénevol que l'on peut, dans ce cas, isoler et doser en tant qu'essence volatile. Les résultats obtenus figurent dans le tableau ci-dessous.

Tourteaux.	Soufre total contenu dans 100 g.	Soufre restant après traitement par vapeur.	Soufre volatil entraîné par la vapeur.	Soufre contenu dans le crotonylsénevol déterminé par dosage.
Colza Arras............	1,65	1,53	0,12	0,11
Colza Courchelettes...	1,51	1,42	0,09	0,072
Navette Precy.........	1,38	1,24	0,14	0,147

Pour résumer et conclure, nous croyons pouvoir dire :

1° Que la vapeur fluente agissant sur le tourteau de moutarde blanche provoque le dégagement de composés sulfurés volatils contenant de l'hydrogène sulfuré;

2° Que le tourteau ainsi traité perd à la fois son amertume et ses propriétés rubéfiantes;

3° Enfin, qu'une relation existe entre la quantité de soufre dégagé et la quantité de sinalboside contenue dans le tourteau.

D'ores et déjà cette réaction peut fournir d'utiles renseignements. Une étude plus approfondie permettra, nous l'espérons, d'en tirer une méthode de dosage.

La séance est levée à 15 h 20 mn.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'août 1951.

Haut Commissariat de la République française en Allemagne. Office militaire de sécurité. Bibliothèque tripartite de la division scientifique. *Liste des ouvrages* (*mise à jour au 1er juillet* 1951). *Liste des périodiques pour l'année* 1951. Coblence, 1951 ; 1 liasse de 16 + 10 feuillets, 30 cm.

Ali Razmara. *Géographie de Kurdustan, de Kermanchah, de Pucht-Kouk, de Lurestan, de Ghelan et Mazanderan, de Khourasan, des Iles du Golfe Persique*; 7 vol. 29 cm (en langue persane).

Hossein Ali Razmara, *Dictionnaires géographiques de l'Iran*; 3 vol. 29 cm (en langue persane).

Hossein Ali Razmara, *Guide géographique de Téhéran*; 1 vol. 15,5 cm (en langue persane).

Razmara, homme célèbre de l'Iran, par le Dr Chreki; 1 fasc. 29 cm (en langue persane).

Notice on Razmara method for teaching topographical surveying and geodetic works (*in Classrooms*) by Brigadier general Hossein Ali Razmara of the Imperial Iranian Army. Teheran, Army Printing Service, 1949; 1 brochure 27,5 cm.

Œuvres et recherches de l'Acad. Ibrahim Bey Chreki, diplômé en philosophie, Docteur en géog. économique, Ing. agr. Archives générales de la Fédération internationale des Corps savants de Recherches et de l'Académie d'Asie, 1950; 1 brochure 29,5 cm.

A. Chreki, *L'Iran géologique et géographique*; 1 vol. 22 cm (en langue persane).

Au service du Moyen-Orient. *Irak. Extrait des études agricoles, économiques et sociales, réservées à l'Encyclopédie du Moyen-Orient*, par A. Chreki; 1 brochure 23 cm (en langue persane).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 SEPTEMBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE. — *L'équilibre élastoplastique dans le temps* (III).
Note (*) de M. **GUSTAVO COLONNETTI**.

Dans notre première Note sur *L'équilibre élastoplastique dans le temps* ([1]) nous sommes parti de l'hypothèse que les composantes de la déformation plastique variable avec le temps soient des fonctions $\int_0^T \varepsilon_x(t) f_x(t)\,dt$, ... linéaires dans les composantes de la déformation élastique.

C'est dire que, lorsqu'un état d'équilibre est déterminé par la coexistence de causes différentes, non seulement les déformations élastiques, mais aussi les déformations plastiques variables avec le temps, seront toujours égales à la somme des valeurs que les mêmes fonctions atteindraient si les différentes causes agissaient séparément.

Le principe de superposition, couramment utilisé dans la théorie classique de l'élasticité, vient ainsi à être applicable aux problèmes dont nous nous occupons actuellement.

D'après ce que nous avons dit dans la Note II ([2]) à propos des corps isotropes et homogènes, il y aura donc intérêt, dans l'étude des déformations plastiques croissant avec le temps, à les considérer comme la somme de deux termes : dont l'un est fonction de cette partie de la déformation élastique qui dépend exclusivement de l'action des forces extérieures, l'autre de celle qui dépend des états de coaction (quelle que soit d'ailleurs leur origine).

On est ainsi conduit à envisager toute déformation d'un corps isotrope et homogène dans le temps, comme la superposition de deux changements

(*) Séance du 17 septembre 1951.
([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 593.
([2]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 644.

d'état : l'un caractérisé par une variation de forme et de dimensions sans changement de tensions intérieures; l'autre caractérisé par une variation de l'état de tension, forme et dimensions restant inchangées.

La distinction est fondamentale dans le domaine des applications techniques, parce que ce ne sont pas tellement les variations de forme et de dimensions qui préoccupent l'ingénieur (au moins jusqu'à ce qu'elles se maintiennent très petites), mais ce sont plutôt les variations de l'état de tension, parce que c'est de cet état que dépend la sécurité de ses constructions.

Et voilà pourquoi le problème des déformations plastiques variables avec le temps s'est imposé à l'attention des constructeurs dès que l'expérience les a conduits à se rendre compte du rôle joué dans leurs constructions par les états de coaction.

C'est surtout dans la technique du béton armé, et à la suite de l'introduction de la précontrainte, qu'on a été conduit à se préoccuper des variations que l'état de coaction auquel elle donne naissance peut subir à cause de la plasticité successive des matériaux.

La possibilité que le principe de superposition nous offre d'analyser ce phénomène faisant abstraction des différentes systèmes de charges auxquels la construction peut être soumise pendant tout le temps dans lequel se manifestent les déformations plastiques dont il est question, simplifie d'une manière considérable les calculs qui, s'il n'en était pas ainsi, seraient pratiquement inabordables.

Le passage au domaine des applications techniques (auquel nous faisions allusion tout à l'heure) suppose naturellement la connaissance des coefficients de fluage, connaissance que seule l'expérience peut nous offrir.

Un échantillon prismatique du matériau sera dans ce but soumis à une sollicitation uniforme suivant son axe; on peut alors étudier l'allure du phénomène dans le temps, soit sous une charge constante en mesurant les variations de la longueur du prisme, soit à longueur constante en mesurant les variations de la charge.

On aboutit immédiatement à la détermination de ce que M. Franco Levi a appelé la déformation unitaire spécifique de fluage $\bar{\varepsilon}_0(t)$, liée au coefficient $f(t)$ par la relation

$$f(t)\,dt = \mathrm{E}\,\frac{d\bar{\varepsilon}_0}{dt}\,dt,$$

E étant le module élastique du matériau.

Dans les travaux de M. Levi ([3]) on trouvera de remarquables exemples d'application à la résolution de problèmes concrets.

([3]) *Fluage, plasticité, précontrainte*, Paris, 1951.

M. **Raoul Combes** fait hommage d'un *Exposé des activités* de l'Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer *pour les années* 1948-1949-1950.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Maurice Javillier, Albert Caquot, Louis de Broglie, Gabriel Bertrand, Maurice de Broglie, Émile Schribaux, Georges Durand-Viel, Robert Esnault-Pelterie, Joseph Pérès, Albert Portevin, Albert Pérard, Pierre Jolibois, Louis Hackspill, Paul Pascal, Pierre Chevenard, René Barthélemy, Georges Darrieus, Georges Poivilliers, Jacques Tréfouël, Gustave Ribaud, Charles Dufraisse, Hippolyte Parodi, Maurice Roy** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu le 13 octobre 1951 au Conservatoire National des arts et métiers, pour commémorer le cent-cinquantième anniversaire de la fondation de la **Société d'encouragement pour l'Industrie Nationale**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui désigner un de ses Membres qui fera partie de la Commission chargée d'examiner la question de la hauteur du diapason.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Éphémérides nautiques ou extrait de la Connaissance des Temps pour l'an* 1952, Ouvrage publié par le Bureau des Longitudes spécialement à l'usage des marins.

2° Une série de publications du Palais de la Découverte concernant les *Conférences* faites en 1950 et 1951.

3° *A Manual of the Geology of India and Burma*. Third Edition revised and largely rewritten, by Sir Edwin H. Pascoe. Vol. I.

4° Instituto nacional de nutricion (Caracas). *Album grafico*.

5° Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel : *Die Weltwirtschaft mitte* 1951.

6° *Veröffentlichungen des Astronomischen Rechen-Instituts zu Heidelberg*. N°s 1, 2.

7° CO_2. *La Revue de la Carboglace*. N° 1.

8° *Pacific Journal of Mathematics* (Californie). Vol I, n° 1.

9° Universidad de Buenos Aires. Facultad de ciencias exactas, fisicas y naturales. *Contribuciones cientificas.* Serie A : *matematica,* Vol. I, n°s 1, 2, 3. Serie B : *fisica,* Vol. I, n°s 1, 2. Serie E : *geologia,* Tomo I.

10° Académie bulgare des sciences. *Izvestia.* Section des sciences techniques et physico-mathématiques. Série physique. Tome I.

11° Institut géographique national. Nivellement général de la France. *Réseaux de* 1er 2e *et* 3e *ordres. État d'avancement du réseau de* 4e *ordre* au 1er janvier 1951.

12° Id. *Tableau I. Nouvelle triangulation de la France. État d'avancement au* 1er *janvier* 1951.

13° Id. *France : Carte au* 20 000e. *Édition en couleurs. — Carte au* 50 000e *en couleurs. — Id. Édition en relief. — Carte au* 80 000e*; Situation des révisions. — Carte au* 200 000e.

14° Id. *Algérie-Tunisie : Carte au* 50 000e.

15° Id. *Maroc : Carte au* 50 000e. — *Carte au* 100 000e.

TOPOLOGIE. — *Détermination des p-puissances réduites de Steenrod dans la cohomologie des groupes classiques. Applications.* Note de MM. **Armand Borel** et **Jean-Pierre Serre**, présentée par M. Jacques Hadamard.

N. E. Steenrod [1] a introduit récemment de nouvelles opérations cohomologiques, les p-puissances réduites, qui généralisent ses i-carrés. Nous montrons ici comment on peut les déterminer dans la cohomologie des groupes classiques, et nous en déduisons l'inexistence de sections dans de nombreux espaces fibrés associés à ces groupes. Application aux champs de vecteurs unitaires et aux structures presque complexes des sphères.

1. *Les p-puissances réduites de Steenrod.* — Steenrod définit dans [1] des homomorphismes $\mathrm{St}_p^i : \mathrm{H}^q(\mathrm{X}, \mathrm{Z}_p) \to \mathrm{H}^{q+i}(\mathrm{X}, \mathrm{Z}_p)$, où X est un polyèdre, p un nombre premier, et où $0 \leqq i \leqq q(p-1)$ [2]. On a

$$\mathrm{St}_p^0(x) = \lambda_{p,q} x \quad (q = \deg x,\ \lambda_{p,q} \neq 0 \bmod p), \qquad \mathrm{St}_p^{q(p-1)}(x) = x^p,$$

et, si $p \neq 2$:

$$\mathrm{St}_p^{2i}(x.y) = \pm \textstyle\sum_{j+k=i} \mathrm{St}_p^{2j}(x).\mathrm{St}_p^{2k}(y).$$

Ces opérations commutent avec les applications continues, et, à une constante non nulle près, avec le cobord des suites exactes de cohomologie, donc avec la transgression des espaces fibrés.

---

(1) *Reduced powers of cohomology classes,* Cours professé au Collège de France en mai 1951, à paraître aux *Annals of Math.*

(2) Nous notons St_p^i l'opération D^p_{pq-q-i} de Steenrod ; ainsi $\mathrm{St}_2^i = \mathrm{Sq}^i$.

Enfin, si $x \in H^2(X, Z)$, et si x' est l'élément de $H^2(X, Z_p)$ canoniquement défini par x, on a

$$\mathrm{St}_p^i(x') = 0 \quad \text{si} \quad 0 < i < 2p-2 \quad (^3).$$

2. *Détermination des p-puissances dans certains groupes de Lie.* — Soient G un groupe de Lie compact connexe, T un tore maximal de G, N le normalisateur de T dans G, $\Phi = N/T$, B_G un espace classifiant pour G, S_G et S_T les algèbres de cohomologie $H(B_G, Z_p)$ et $H(B_T, Z_p)$. Rappelons que S_T est isomorphe à une algèbre de polynomes à l variables $x_1, \ldots, x_l$ de degré 2, l étant le rang de G. *Si* G *est sans p-torsion,* $H(G, Z_p)$ est une algèbre extérieure engendrée par des éléments absolument transgressifs [4]; il suffit donc de connaître les St_p^i de ces générateurs, ce qui, par transgression, se traduit par le calcul analogue dans S_G.

Si en outre G/T *est sans p-torsion,* S_G s'identifie à $I_G \otimes Z_p$, où I_G désigne le sous-anneau de $H(B_T, Z)$ formé des éléments invariants par Φ [5]. Il suffit donc de calculer les St_p^i dans S_T; comme ce dernier anneau est engendré par les x_i qui sont de degré 2, ceci ne présente pas de difficulté, vu les résultats rappelés au nº 1 [6].

3. *Cas du groupe unitaire* $U(n)$. — L'algèbre $H(U(n))$ est engendrée par des éléments absolument transgressifs $\mathbf{P}_1, \ldots, \mathbf{P}_n$ de degrés $1, 3, \ldots, 2n-1$; Φ est le groupe des permutations des n éléments $x_1, \ldots, x_n$, et les images par transgression des $\mathbf{P}_i$ sont, modulo des sommes d'éléments décomposables, les $\mathbf{C}_i = \Sigma x_1 \ldots x_i$ [7]. On a donc [8]

$$\mathrm{St}_p^{2k(p-1)}(\Sigma x_1 \ldots x_i) = (-1)^{i+k} \Sigma x_1^p \ldots x_k^p x_{k+1} \ldots x_i.$$

Exprimant le deuxième membre à l'aide des fonctions symétriques élémentaires, on écrira

$$\Sigma x_1^p \ldots x_k^p x_{k+1} \ldots x_i = b_p^{k,j} \Sigma x_1 \ldots x_j + \ldots \qquad (j = i + k(p-1)),$$

où les termes non écrits sont des produits. L'entier $b_p^{k,j}$ est bien déterminé par cette formule, et peut être calculé (par exemple, on a $b_p^{1,j} = j \bmod p$). On obtient en définitive :

---

(3) Ce résultat a d'abord été démontré par Wu Wen-Tsün.

(4) A. Borel, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2392.

(5) A. Borel, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 569.

(6) On remarquera que, dans les cas étudiés ici, $\mathrm{St}_p^i = 0$ si $i \not\equiv 0 \bmod 2(p-1)$; c'est du reste un cas particulier d'un résultat non publié de Thom.

(7) Nous notons un polynome symétrique par son terme générique précédé du signe Σ; ainsi Σx_1 désigne $x_1 + x_2 + \ldots + x_n$.

(8) Dans ce cas particulier, notre méthode revient à calculer les St_p^i dans la grassmannienne complexe, ce qui avait été fait par Wu Wen-Tsün par une autre méthode (non publié).

THÉORÈME 1. — *Avec les notations données ci-dessus, on a*

$$St_p^{2k(p-1)}(\mathbf{P}_i) = (-1)^{i+k+1}\left[\frac{p}{2}\right]!\, b_p^{k,j}.\mathbf{P}_j.$$

Les calculs précédents, appliqués aux classes de Chern $\mathbf{C}_i$ d'une sphère presque complexe, donnent :

COROLLAIRE. — *Les sphères* S_2 *et* S_6 *sont les seules sphères admettant une structure presque complexe.*

4. *Champs de vecteurs unitaires.* — Munissons C^n d'un produit scalaire hermitien $\langle X, Y\rangle$, et soit S_{2n-1} la sphère unité de C^n. Nous dirons que k vecteurs $X_1, \ldots, X_k$ d'origine $X_0 \in S_{2n-1}$ forment *un k-repère unitaire tangent à* S_{2n-1} si $\langle X_i, X_j\rangle = \delta_{i,j}$ $(i, j = 0, 1, \ldots, k)$. La variété de ces repères est homéomorphe à $U(n)/U(n-k-1)$, sa cohomologie est appliquée biunivoquement dans celle de $U(n)$ et le théorème 1 permet donc d'y déterminer les St_p^i. Utilisant alors le fait évident qu'un espace fibré E de base S_{2n-1} n'a pas de section si l'image de la classe fondamentale de la base dans H(E) s'exprime par des St_p^i (ou des cup-produits) à partir d'éléments de degrés inférieurs, on obtient :

THÉORÈME 2. — *S'il existe un champ continu de k-repères unitaires tangents à* S_{2n-1}, *n est divisible par l'entier* $N_k = \Pi_p p^{1+h_p}$, *où le produit est étendu à tous les nombres premiers p, et où* h_p *désigne le plus grand entier h tel que* $(p-1)p^h \leq k$.

COROLLAIRE. — *La fibration* $SU(n)/SU(n-1) = S_{2n-1}$ *n'a pas de section* $(n \geq 3)$.

Exemples. — $N_1 = 2$, $N_2 = 12$: pour $k = 1$, n pair est aussi une condition suffisante, comme on sait; par contre nous ignorons si, pour $k = 2$, il en est de même de n divisible par 12 : en particulier, existe-t-il un champ de deux repères unitaires tangents à S_{23} ?

5. *Autres applications.* — Les résultats du n° 2 s'appliquent aussi aux groupes $Sp(n)$ et, pour $p \neq 2$, aux groupes $SO(n)$ [on peut également passer par l'intermédiaire des calculs déjà faits pour $U(n)$]. Outre les analogues symplectiques des théorèmes 1 et 2, on obtient :

THÉORÈME 3. — *Les fibrations* $Sp(n)/Sp(n-1) = S_{4n-1}$ $(n \geq 2)$, $Spin(7)/G_2 = S_7$, $Spin(9)/Spin(7) = S_{15}$ *n'ont pas de section.*

Remarques. — 1° En particulier $Sp(2)/S_3 = S_7$ n'a pas de section, d'où un élément $\neq 0$ de $\pi_6(S_3) \otimes Z_3$.

2° On peut trancher entre les deux possibilités données à la fin de (⁹) pour $H(F_4, Z_3)$ et voir ainsi que F_4 a *de la 3-torsion.*

3° Une méthode analogue à celle du n° 2 permet de calculer les Sq^i dans les groupes orthogonaux et de retrouver le théorème de Steenrod-Whitehead sur les champs de vecteurs tangents aux sphères.

(⁹) A. BOREL, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1628.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Évaluation stochastique de l'erreur dans les formules d'interpolation.* Note (*) de M. **Charles Blanc**, présentée par M. Gaston Julia.

Au lieu de chercher une borne supérieure de l'erreur d'interpolation, on peut étudier la distribution de cette erreur pour une famille de fonctions distribuées en probabilité. On a pris ici pour famille de fonctions les translatées d'une fonction donnée; la variance de l'erreur s'exprime alors au moyen de la fonction d'autocorrélation de cette fonction.

1. En général, l'évaluation de l'erreur dans une interpolation se fait en cherchant une borne supérieure de la valeur absolue de cette erreur, en fonction d'une borne supérieure d'une dérivée de la fonction considérée. Dans les applications, cette évaluation est en général illusoire, la dérivée en question ne pouvant souvent pas être évaluée, ou même n'existant pas; en outre, cette façon de procéder ne permet pas de faire une comparaison entre les différentes méthodes d'interpolation.

On peut aborder la question d'une autre manière. Au lieu de prendre un certain ensemble de fonctions (celles par exemple dont telle dérivée existe et est bornée en valeur absolue par un nombre A) et de chercher une borne de l'erreur pour cet ensemble, on prend un ensemble de fonctions distribué en probabilité (donc une fonction aléatoire) et l'on cherche la distribution de l'erreur, qui est alors une variable aléatoire.

Prenons l'ensemble des translatées d'une fonction réelle, intégrable et bornée, $f(t)$, soit les fonctions $f(t+x)$, x étant le paramètre de distribution, variant de $-\infty$ à $+\infty$; on pose que la probabilité d'un ensemble E de valeurs de x est $\lim_{X\to\infty}(1/2X)\int_{-X}^{X}\varphi(x)\,dx$, $\varphi(x)$ étant égale à *un* sur E et à zéro en dehors. La moyenne de $f(x)$ est alors

$$m[f(x)] = \lim_{X\to\infty}\frac{1}{2X}\int_{-X}^{X}f(x)\,dx;$$

on pose $r(h) = m[f(x)f(x+h)]$ [fonction d'autocorrélation de $f(x)$] et l'on suppose que :

1° $m[f(x)] = 0$;

2° $r(h)$ existe pour tout h;

3° $r(h)$ est continue pour $h = 0$; on pose $r(0) = \sigma^2$.

(*) Séance du 10 septembre 1951.

Alors la moyenne, la variance et la covariance de grandeurs aléatoires liées linéairement à $f(x)$ se calculent au moyen des valeurs de $r(h)$ seulement.

2. Appliquons ces remarques à l'interpolation linéaire. Considérons l'interpolation linéaire des translatées de $f(t)$ dans $(0, a)$; l'erreur est donnée par

$$g(x) = f(x+\theta a) - [(1-\theta)f(x) + \theta f(x+a)]$$

d'où l'on tire immédiatement

$$m[g(x)] = 0$$
$$m[g^2(x)] = 2(1-\theta+\theta^2)\sigma^2 + 2(1-\theta)r(\theta a) - 2\theta r[(1-\theta)a] + 2\theta(1-\theta)r(a).$$

Supposons que $r(h)$ possède, pour $h > 0$, un développement asymptotique suivant les puissances entières positives de h :

$$r(h) \sim \sigma^2(1+\alpha_1 h + \alpha_2 h^2 + \ldots);$$

on en déduit un développement asymptotique de $m[g^2(x)]$:

$$m[g^2(x)] \sim \sigma^2[-2\theta(1-\theta)\alpha_1 a + 4\theta^2(1-\theta)^2\alpha_3 a^3 + 6\theta^2(1-\theta)^2\alpha_4 a^4 + \ldots];$$

si la fonction $f(t)$ est suffisamment régulière (si les discontinuités sont assez rares), on a $\alpha_1 = 0$, d'où il résulte que la variance est alors de l'ordre de a^3. Si $f'(x)$ existe (sauf peut-être en quelques points assez rares), on a $\alpha_3 = 0$, et la variance est de l'ordre de a^4.

3. On peut faire les mêmes calculs à propos de toutes les formules d'interpolation. Pour l'interpolation parabolique dans $(0, a)$, on a par exemple, pour $0 \leqq \theta \leqq 1/2$,

$$m[g^2(x)] \sim 2\sigma^2[1-3\theta(1-\theta)(1-2\theta)^2] + 2\theta(1-\theta)(1-2\theta)^2\left[4r\left(\frac{a}{2}\right) - r(a)\right]$$
$$-2\left[(1-\theta)(1-2\theta)r(\theta a) + 4\theta(1-\theta)r\left(\frac{a}{2} - a\theta\right) - \theta(1-2\theta)r(a-a\theta)\right]$$

d'où le développement asymptotique

$$m[g^2(x)] \sim \sigma^2[-2a\theta(1-\theta)(1-2\theta)\alpha_1 + 2a^3\theta^2(1-\theta)(1-2\theta)^2\alpha_3 + \ldots].$$

On peut dès lors comparer la variance de l'erreur pour l'interpolation linéaire et pour l'interpolation parabolique, puisque cette variance s'exprime dans les deux cas au moyen des mêmes paramètres statistiques. On remarque par exemple que si $\alpha_3 \neq 0$, la variance de l'erreur est du même ordre de grandeur dans les deux interpolations.

PYROTECHNIE. — *Sur la détonation des explosifs secondaires par étincelle électrique et remarques sur une Note de MM. James et Jacques Basset sur le même sujet* (1). Note de M. **Rudi Schall**, présentée par M. Georges Darrieus.

La pulvérisation du bloc de paraffine contenant l'explosif ne peut pas être considérée comme un critère de détonation. En effet, les essais que nous avons effectués ont montré que, d'une part, l'hexogène ne détonait pas dans les conditions décrites par MM. Basset et que, d'autre part, la poudre noire, qui ne détone jamais, pulvérisait le bloc de paraffine.

Dans une Note précédente (2), MM. J. et J. Basset avaient constaté qu'un comprimé d'explosif secondaire, placé sur le trajet d'une étincelle électrique, pulvérise le bloc si la décharge a une énergie suffisante. De cette pulvérisation du bloc au-dessus d'un certain seuil d'énergie, les auteurs précités ont cru pouvoir conclure que la décomposition de la pastille s'était faite suivant le mode détonant.

En utilisant un dispositif différent, permettant de photographier le phénomène et de montrer le passage de la déflagration à la détonation proprement dite, nous avons montré (3) que, même des étincelles plus puissantes que celles utilisées dans les essais de MM. Basset, produisent d'abord une déflagration qui, dans les conditions favorables réalisées (à dessein) par notre dispositif, peut se transformer en détonation. Nous avions suggéré en même temps que la pulvérisation du bloc de paraffine pouvait ne pas être un critère suffisant pour juger du mode de décomposition.

Dans une Note récente (1), les Auteurs précités, d'une part, critiquent notre mode opératoire et, d'autre part, insistent sur la valeur du critère qu'ils ont utilisé.

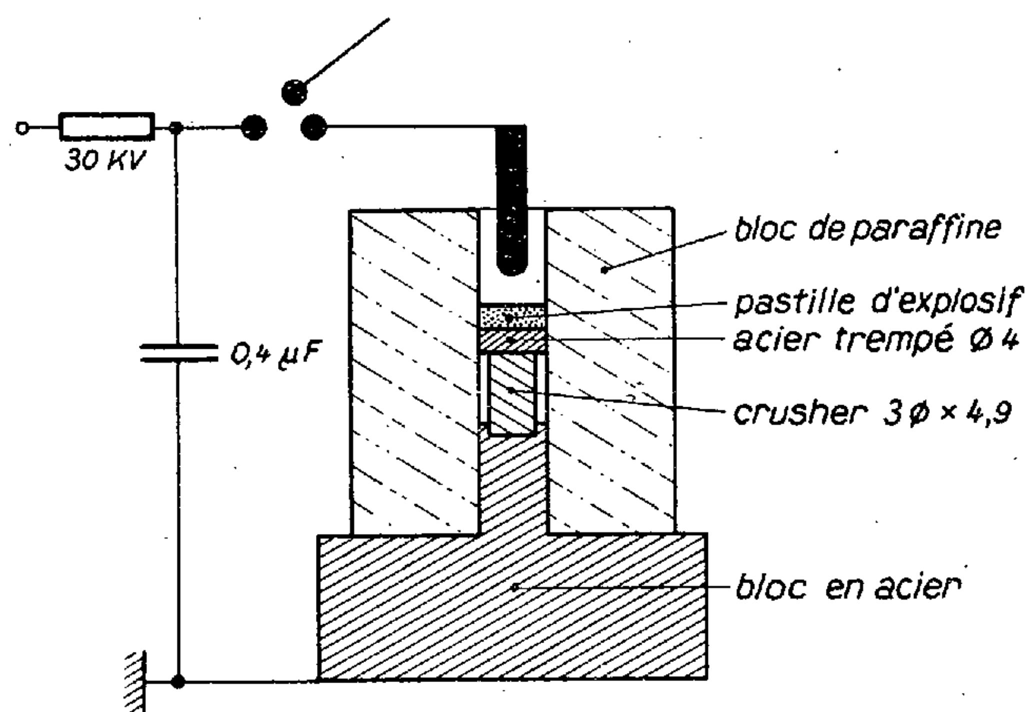
Sur la valeur du critère de détonation de MM. Basset, nous avons fait les observations suivantes :

1° Dans le dispositif expérimental décrit par ces Auteurs, nous avons utilisé une pastille de poudre noire très fine de 30 mg comprimée à 5 000 kg : cm². Amorcée par une étincelle faible, la poudre noire brûle et laisse le bloc de paraffine intact. Avec une étincelle forte, qui à elle seule laisse le bloc intact, on observe la pulvérisation du bloc. Le seuil de l'énergie d'amorçage correspond à la décharge d'un condensateur de 0,4 μF sous 25 kV. Comme il est bien connu que la poudre noire ne saurait détoner (4), mais peut seulement

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1649.
(2) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 706.
(3) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 759.
(4) *Voir* par exemple : Stettbacher, *Spreng-und Schiesstoffe*, Zurich, 1948, p. 20.

déflagrer à une vitesse plus ou moins grande, la pulvérisation du bloc de paraffine n'est pas un critère suffisant de détonation.

2° Nous avons ensuite modifié le dispositif de MM. Basset en remplaçant la tige de cuivre inférieure par un crusher en cuivre (diamètre : 3 mm; longueur : 4,9 mm) surmonté d'un piston en acier trempé (voir *figure*). Dans ce dispositif nous avons utilisé des pastilles d'hexogène et d'azoture d'argent de 50 mg environ et des étincelles assez fortes pour que la pulvérisation du bloc



de paraffine soit assurée par la décomposition de l'explosif (mais bien entendu pas par l'étincelle seule). Dans ces conditions, comme, d'une part, on est sûr que l'azoture d'argent détone et que, d'autre part, l'hexogène est l'explosif le plus puissant, si l'hexogène détone, la déformation du crusher doit être plus forte avec l'hexogène qu'avec l'azoture d'argent. Nous avons au contraire observé que l'hexogène ne donne pas de déformation mesurable [5], alors que l'azoture d'argent produit une compression permanente du crusher de 0,5 à 0,6 mm.

Nous pouvons donc conclure que dans les conditions décrites par MM. Basset, l'hexogène ne détone pas.

Pour étudier la détonation d'explosifs secondaires par des étincelles électriques, on peut donc utiliser :

soit la méthode que nous avons précédemment décrite et qui a l'avantage incontestable, en visualisant l'ensemble du phénomène, d'en permettre l'analyse détaillée;

soit le mode opératoire de MM. Basset dans lequel le critère de détonation serait l'écrasement du crusher et non plus la pulvérisation de l'enveloppe.

---

(5) Les bavures produites par l'étincelle limitent l'exactitude de la mesure à 0,01 mm environ.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Décomposition thermique du propionaldéhyde gazeux entre* 690 *et* 770° K. Note (*) de MM. **André François Boyer** et **Michel Niclause**, présentée par M. Paul Pascal.

Tandis que la décomposition thermique de CH_3CHO a donné lieu à de très nombreuses recherches, celle de C_2H_5CHO n'a été l'objet que de peu de travaux ([1]), ([2]); d'après ceux-ci, la cinétique de pyrolyse de C_2H_5CHO serait très différente de celle de CH_3CHO.

Nous allons montrer qu'en fait, à des températures inférieures à 780° K environ, la pyrolyse de C_2H_5CHO pur et sa décomposition sensibilisée par le diacétyle ont des caractéristiques cinétiques très voisines de celles observées dans les réactions correspondantes de CH_3CHO ([3]), ([4]).

Nos expériences ont été effectuées entre 690 et 770° K, à des pressions initiales de C_2H_5CHO comprises entre 100 et 250 mm Hg. La réaction est suivie manométriquement par la méthode statique dans une ampoule en pyrex de 182 cm³ de volume et de rapport surface/volume égal à 1,24 cm⁻¹.

1. *Pyrolyse du propionaldéhyde pur.* — La réaction est homogène et donne naissance à un mélange presque équimoléculaire $CO + C_2H_6$ (la pyrolyse de CH_3CHO conduit à $CO + CH_4$) et à de petites quantités de CH_4, C_2H_4 et H_2 (croissantes avec la température).

Nos expériences montrent que la vitesse initiale v_0 de pyrolyse homogène de C_2H_5CHO pur entre 690 et 770° K peut être représentée par la relation

$$(I) \qquad v_0 = 1{,}45 \cdot 10^{13} (C_2H_5CHO)_0^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{50{,}300}{1{,}98\,T}}$$

$(C_2H_5CHO)_0$: concentration initiale en mole (volume molaire)$^{-1}$;
v_0 en mole C_2H_5CHO (volume molaire)$^{-1}$ min^{-1}.

La relation (I) représente très bien également les deux séries d'expériences effectuées par Winkler, Fletcher et Hinshelwood ([2]) aux deux plus basses températures (772 et 782° K) du domaine exploré par eux, alors que ces auteurs attribuent à la réaction un ordre 1 à toute température.

2. *Pyrolyse du propionaldéhyde sensibilisée par le diacétyle.*

(*) Séance du 17 septembre 1951.

([1]) C. N. Hinshelwood et H. W. Thompson, *Proc. Roy. Soc.* (London), A **113**, 1926, p. 221.

([2]) C. A. Winkler, C. J. M. Fletcher et C. N. Hinshelwood, *Ibid.*, A **146**, 1934, p. 345.

([3]) M. Letort, *J. Chim. phys.*, **34**, 1937, p. 265.

([4]) A. F. Boyer et M. Niclause, *J. Chim. phys.* (sous presse).

Nous avons étudié systématiquement la pyrolyse de C_2H_5CHO accélérée par addition de petites quantités de diacétyle dans le même domaine de température (690-770° K) que précédemment et à des concentrations en diacétyle comprises entre 0,1 et 4 % en volume.

La réaction est homogène et l'analyse des gaz de décomposition est très voisine de celle obtenue dans la pyrolyse de C_2H_5CHO pur.

En désignant, toutes autres choses égales par ailleurs, par v_0 la vitesse initiale de pyrolyse de C_2H_5CHO pur et par v''_0 la vitesse initiale de pyrolyse de C_2H_5CHO en présence d'une petite quantité de diacétyle, nos résultats expérimentaux sont bien représentés par la relation :

(II) $$v''_0 = (v_0^2 + v'^2_0)^{\frac{1}{2}}$$

avec

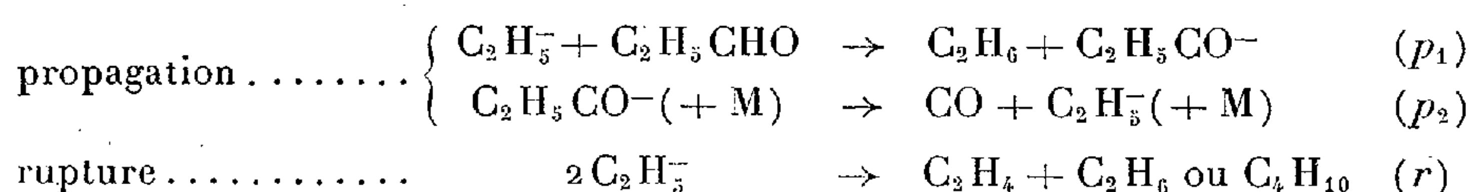
(III) $$v'_0 = 1,8.10^{15}\,(\text{diacétyle})_0^{\frac{1}{2}}(C_2H_5CHO)_0^1\,e^{-\frac{52\,000}{1,98\,T}}$$

Les concentrations initiales étant exprimées en mole (volume molaire)$^{-1}$ et les vitesses initiales en mole C_2H_5CHO (volume molaire)$^{-1}$ min^{-1}.

3. *Discussion.* — L'effet accélérateur du diacétyle montre qu'il est possible d'induire par des radicaux libres, dès 690° K, la décomposition en chaînes de C_2H_5CHO.

Les résultats précédents conduisent à interpréter également *la pyrolyse de* C_2H_5CHO *pur* par un *mécanisme en chaînes par radicaux libres*, et non par un mécanisme moléculaire (1), (2).

Ils sont compatibles avec l'hypothèse (5) que l'addition de diacétyle fait apparaître un second processus d'initiation des chaînes, mais ne modifie pas la nature des processus de propagation et de rupture :



propagation........ $\begin{cases} C_2H_5^- + C_2H_5CHO \rightarrow C_2H_6 + C_2H_5CO^- & (p_1) \\ C_2H_5CO^-(+M) \rightarrow CO + C_2H_5^-(+M) & (p_2) \end{cases}$

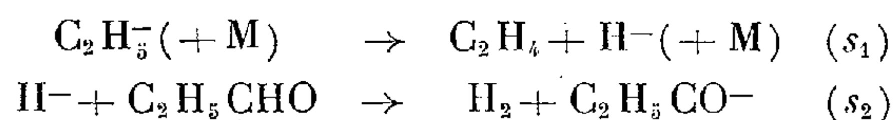
rupture............ $2\,C_2H_5^- \rightarrow C_2H_4 + C_2H_6$ ou C_4H_{10} (r)

La formation de traces de CH_4 indiquerait que le processus d'initiation (décomposition de C_2H_5CHO ou de $CH_3COCOCH_3$) donne naissance à des radicaux CH_3^-, qui disparaissent par le processus :



$$CH_3^- + C_2H_5CHO \rightarrow CH_4 + C_2H_5CO^- \quad (i)$$

Les petites quantités de C_2H_4 et H_2 proviendraient des processus :



$$C_2H_5^-(+M) \rightarrow C_2H_4 + H^-(+M) \quad (s_1)$$
$$H^- + C_2H_5CHO \rightarrow H_2 + C_2H_5CO^- \quad (s_2)$$

qui, dans nos conditions expérimentales ($T \leq 770°$ K), seraient de peu d'importance devant le processus (p_1).

(5) Cette hypothèse permet de retrouver, par le calcul, la relation (II).

Le mécanisme de pyrolyse de C_2H_5CHO semble donc analogue, jusqu'à 780° K environ, à celui de CH_3CHO. Mais il serait compliqué, à plus haute température, par l'instabilité thermique du radical $C_2H_5^-$, comme le suggère l'examen des résultats de Winkler, Fletcher et Hinshelwood (²) au delà de 790° K.

La présente étude fera l'objet d'une publication détaillée.

MAGNÉTOCHIMIE. — *La délocalisation électronique dans les composés cancérigènes.* Note de MM. **Adolphe Pacault** et **Jean Hoarau**, présentée par M. Paul Pascal.

L'un de nous a montré en développant la systématique magnétochimique de Pascal que la susceptibilité magnétique des composés organiques polynucléaires était approximativement calculable par additivité. Plus récemment, nous avons confirmé l'efficience du diamagnétisme dans l'appréciation de la délocalisation électronique et de l'anisotropie magnétique qui lui est liée. La délocalisation électronique est mesurée par un terme négatif Λ, différence entre les susceptibilités mesurées et calculées. On a démontré que pour l'anisotropie magnétique des molécules uniaxes $\Delta K = 3\Lambda$. Pour les molécules aromatiques ayant b noyaux benzéniques on définit un coefficient Λ_{RB} qui mesure la délocalisation relative par rapport au benzène. $\Lambda_{RB} = 15,1\,b + \Lambda$ ($\Lambda_{\text{benzène}} = -15,1$).

L'un de nous a déjà signalé en 1946 que certains composés aromatiques présentaient une dépréciation diamagnétique anormale (Λ_{RB} positif) concomitante d'un caractère biologique particulier : le caractère cancérigène.

Nous apportons aujourd'hui, dans la série des benzanthracènes, un ensemble de résultats nouveaux qui confirment nos assertions premières.

Le tableau I réunit la susceptibilité mesurée $\overline{K}$; la susceptibilité calculée K_C par la systématique révisée; le coefficient de délocalisation Λ_{RB}; le même coefficient de délocalisation calculé par rapport à l'anthracène $\Lambda_{RA} = \Lambda_{RB} + 4,1$ (Λ_{RB} anthracène $= -4,1$) pour faciliter les comparaisons dans cette série de dérivés de l'anthracène et enfin l'activité cancérigène déduite de l'action de ces composés appliqués par badigeonnage externe sur des souris.

On constate que les composés cancérigènes ont tous, à des degrés divers, un coefficient Λ_{RA} positif et supérieur à 3 (le dérivé 6 fait seul exception) tandis que les dérivés non cancérigènes ont un coefficient négatif ou faiblement positif. Il ne semble pas y avoir de relation directe entre la valeur numérique de Λ_{RA} et la plus ou moins grande activité cancérigène de ces composés comme il apparaît dans le Tableau II où ils sont classés par Λ_{RA} croissant.

Il est bien évident qu'un seul critère physicochimique ne peut décider des propriétés biologiques d'un composé chimique; il semble cependant nécessaire que ce dernier affecte une structure électronique particulière. Elle est magnétiquement décelable et principalement caractérisée par une relocalisation des électrons π plus ou moins importante et par conséquent par une anisotropie

TABLEAU I.

Nos.	Composés.		—K.	—K_c.	Δ_{RB}.	Δ_{RA}.	Activité cancérigène.	
1	anthracène		134,5	131,4	—4,1	0	inactif	
2	naphtacène	Ma	167,0	168,1	—1,1	–	»	
3	1.2-benzanthracène	N	172,5	168,1	—4,4	—0,3	»	
4	3'.méthyl 1.2.benzanthracène	N	182,0	180,3	—1,7	—2,4	»	
5	7 méthyl 1.2benzanthracène	N	181,9	»	—1,6	2,5	»	
6	2' » »	N	171,5	»	8,8	12,9	»	
7	4 » »	N	171,5	»	8,8	12,9	faiblement actif	(*)
8	3 » »	N	176,0	»	4,3	8,4	»	
9	6 » »	N	176,4	»	3,9	8,0	»	
10	5 » »	N	179,0	»	1,3	5,4	actif	(*)
11	9 » »	N	178,8	»	1,5	5,6	»	
12	10 » »	N	180,4	»	—0,1	4,0	»	
13	9.10-diméthyl 1.2-benzanthracène	N	185,0	192,5	7,5	11,6	très actif	(*)
14	2 méthyl cholanthrène		194,0	199,1	5,1	9,2	très actif	(*)
15	3.5-diméthyl cholanthrène	R	208,0	211,3	3,3	7,4	?	
16	6.8-diméthyl 1.2-benzanthracène	R	193,0	192,5	—0,5	3,6	?	
17	4'.9.10.-triméthyl 1.2-benzanthracène	M	200,0	204,7	4,7	8,8	?	
18	6.7.9.10-tétraméthyl 1.2-benzanthracène	M	209,0	216,9	7,9	12,0	?	
19	1.2.5.6-dibenzanthracène		195,4	205,8	10,4	14,5	actif	
20	1.2.3.4.5.6-tribenzanthracène	M	231,0	243,5	12,5	16,6	»	
21	1.2.3.4.5.6.7.8-tétrabenzanthracène	M	269,5	281,2	11,7	15,8	?	
22	5.8-diméthyl 1.2.6.7-dibenzophénanthrène	M	232,0	230,2	—1,8	–	?	

(*) Activité croissante.
Toutes les susceptibilités sont données au facteur 10^{-6} près.

TABLEAU II.

Nos.	Δ_{RA}.	Activité.	Nos.	Δ_{RA}.	Activité.	Nos.	Δ_{RA}.	Activité.
22	—1,8	?	10	5,4	+	13	11,6	++
3	—0,3	—	11	5,6	+	18	12,0	?
1	0	—	15	7,4	?	6	12,9	—
2	1,1	—	9	8,0	+	7	12,9	+
4	2,4	—	8	8,4	+	19	14,5	+
5	2,5	—	17	8,8	?	21	15,8	?
16	3,6	?	14	9,2	++	20	16,6	+
12	4,0	+						

magnétique beaucoup plus faible que celle qu'aurait ce composé aromatique s'il était effectivement la juxtaposition des noyaux benzéniques qui le constituent.

Pour 6 composés, l'activité cancérigène ne nous est pas connue. Les résultats magnétiques précédents conduisent à penser que les dérivés 15, 17, 18, 21 sont actifs et le dérivé 22, inactif. Le dérivé 16 doit être inactif ou très peu

actif. Les dérivés 17 et 18 doivent avoir une activité de l'ordre de celle de 13, mais un peu plus faible. L'étude biologique des dérivés 17, 18, 21, 22 est en cours au pavillon du Cancer; le professeur Lacassagne confirmera ou infirmera nos prévisions ([1]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction condensatrice de l'oxyde de mésityle 1.1.2.2.4-pentaméthyl, 3-acétylcyclopentène ou désoxymésityloxyde.* Note de MM. **Marian Kolobielski** et **Joseph Wiemann**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de recherches entreprises en vue de démontrer la structure, attribuée à des produits obtenus par réduction condensatrice de l'oxyde de mésityle ([1]), le corps appelé désoxymésityloxyde a pu être obtenu pur, et sa structure établie; c'est le 1.1.2.2.4-pentaméthyl, 3-acétylcyclopentène.

Ce composé, qui prend naissance dans certaines conditions, avec d'autres produits dans la réduction duplicative par voie chimique et électrolytique de l'oxyde de mésityle ([2]), ([3]), ([4]), ([5]), provient ici de la déshydratation d'un produit cristallisable, obtenu lui-même dans cette réduction ([1]), ([4]), ([6]), de formule brute $C_{12}H_{22}O_2$ (I) (E_{14} 115-116°, F 46°,25), dont la structure n'est pas encore sûre.

La déshydratation se fait sous l'influence de la chaleur et plus facilement en milieu acide. Le corps obtenu se présente sous la forme d'un liquide incolore, insoluble dans l'eau, très soluble dans l'éthanol, l'éther et l'acétone, possédant l'odeur du camphre; c'est une cétone cyclopenténique de composition $C_{12}H_{20}O$ [C % 80,14; H % 11,11 pour 80,00 et 11,11 calculé indice d'iode 136 pour 141 calculé; E_{15} 96°; n_D^{19} 1.4750, D_4^{19} 0.9095; d'où R. M. 55,72 pour 54,96 calculé].

Les fréquences Raman des liaisons éthylénique et cétonique se trouvent à 1617 cm^{-1} (FF) et 1655 cm^{-1} (FF), l'abaissement est dû à la conjugaison de la double liaison éthylénique et du groupe carbonyle.

Cette cétone (II) donne une semicarbazone ($C_{13}H_{23}ON_3$; C % 65,86; H % 9,74; N % 17,79 pour 65,82; 9,70 et 17,72 calc; F 166-165°,5), une

---

([1]) Les professeurs M. S. Newman de Ohio State U. (N), R. H. Martin de l'U. libre de Bruxelles (M), Byron Riegel de Northwestern U. (R) et M. Marschalk (Ma) nous ont confié les produits étudiés.

([1]) J. Wiemann et Ch. Glacet, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 923.

([2]) C. Harries, F. Hübner, *Liebigs Annalen*, **296**, 1897, p. 295.

([3]) Law, *Journ. Chem. Soc.*, **101**, 1912, p. 1016.

([4]) Vogel, *Journ. Chem. Soc.*, 1927, p. 598.

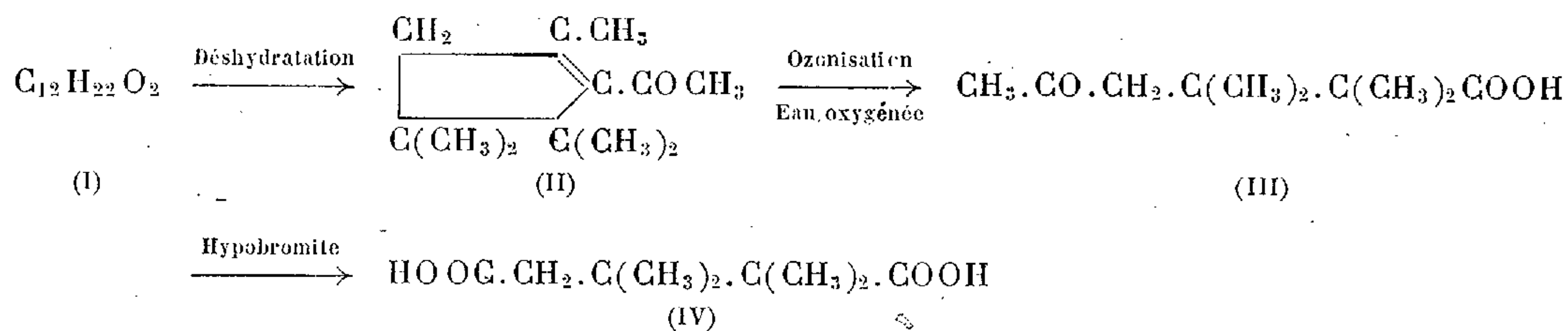
([5]) Ch. Glacet, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 480.

([6]) Ch. Glacet, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **17**, 1950, p. 16.

oxime ($C_{12}H_{21}ON$; C % 73,40; H % 10,73; N % 7,13 pour 73,84; 10,77 et 7,18 calc; F. 67-68°; une 2.4-dinitrophényldrazone ($C_{18}H_{24}O_4N_4$; C % 59,70; H % 6,61; N % 15,34 pour 60,00; 6,67 et 15,55 calc., F 109-110° sous forme de cristaux rouges).

La structure a été établie par dégradation systématique; après ozonisation et oxydation consécutive par l'eau oxygénée, on obtient un produit visqueux, l'acide 1.1.2.2-tétraméthyl-4 acétylbutyrique $C_{10}H_{18}O_3$ (III); la faible quantité obtenue n'a pu nous permettre de purifier ce nouvel acide cétonique; nous l'avons caractérisé par sa 2.4-dinitrophénylhydrazone ($C_{16}H_{22}O_6N_4$; C % 52,43; H % 6,13 et N % 15,49 pour 53,04; 6,08 et 15,47 calc; F 189-190°; cristaux jaunes). Cet acide oxydé par l'hypobromite de sodium a donné l'acide 1.1.2.2-tétraméthyl-1 glutarique (IV) (7). ($C_9H_{16}O_4$; C % 57,37 et H % 8,50 pour 57,47 et 8,51 calc; F 144°).

On peut schématiser ainsi les réactions étudiées :



Harriès et Hübner (2) ont essayé d'établir la structure de (II) à partir d'une oxime $C_{12}H_{20}NOH$, H_2O (F156°-157°) par dégradation, mais en réalité, c'était l'oxime de (I), $C_{12}H_{22}ONOH$, comme nous l'avons montré (C % 67,60; H % 10,91 et N % 6,43 pour 67,60; 10,80 et 6,57 calculé; F 158°). Vogel (4) avait déjà supposé que cette oxime provenait d'un produit de formule brute $C_{12}H_{22}O_2$; donc, la structure du désoxymésityloxyde restait à établir d'une façon définitive; c'est l'objet de cette Note.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une synthèse de l'acide mellique.* Note (*) de M. **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dans une Note précédente (1) nous avons montré que les différents modes de préparation de l'acide mellique à partir des diverses variétés de carbone donne des résultats peu concordants. Nous avons alors tenté d'obtenir cet acide en modifiant la synthèse effectuée par Friedel et Crafts à partir de l'hexaméthylbenzène.

---

(7) Ingold et Shopf, *Journ. Chem. Soc.*, 1928, p. 401, 407, 408.

(*) Séance du 17 septembre 1951.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 657.

Ce carbure a été aisément préparé en faisant passer une solution de phénol dans l'alcool méthylique sur de l'alumine activée, à la température de 360° et en atmosphère d'anhydride carbonique. Le produit brut a été purifié par sublimation dans le vide. Son analyse a donné les résultats suivants : trouvé %, C 88,88-88,28; H 11,01-11,12; calculé %, C 88,22; H 11,18, F 166°.

A l'aide de ce carbure nous avons obtenu le dérivé hexabromé $C_6(CH_2Br)_6$ par l'action de 26 cm³ de brome sur 9,75 g d'hexaméthylbenzène dans 225 cm³ de bromure d'éthylène, à l'ébullition pendant 20 h. Par refroidissement, le produit cristallise et se dépose au fond du ballon. Il suffit de le filtrer et de le faire recristalliser dans le bromure d'éthylène pour avoir le corps pur avec un rendement de 94 % (trouvé %, C 22,46-22,43; H 1,86-1,86; Br 75,18; calculé %, C 22,67; H 1,90; Br 75,43), F 298°.

La transformation en hexaacétate a été réalisée en chauffant et en agitant au bain-marie bouillant pendant 5 h, 30,80 g d'hexabromométhylbenzène avec 47 g d'acétate de potassium dans 375 g d'anhydride acétique. Après refroidissement, on verse le contenu du ballon dans 7,500 l d'eau et l'on abandonne 12 h en agitant de temps en temps. On filtre et l'on purifie par dissolution dans l'alcool absolu. Le rendement est de 91 % en $C_6(CH_2OCOCH_3)_6$ (trouvé %, C 56,36-56,10; H 5,97-5,84; calculé %, C 56,47; H 5,92), F 167-168°.

Le dérivé alcoolique correspondant $C_6(CH_2OH)_6$ a été préparé par saponification dans l'alcool absolu bouillant de 20,40 g d'héxaacétate par 360 cm³ d'une solution alcoolique normale d'hydroxyde de potassium (3 h). Après dilution par 600 cm³ d'eau et repos de 48 h à la température du laboratoire, on obtient le produit cristallisé en aiguilles longues et fines. La purification est faite par recristallisation dans l'eau et l'opération donne un rendement de 94% (trouvé %, C 55,57-55,40; H 6,96-6,90; calculé %, C 55,80; H 7,03), F 311°. Ces transformations successives ont été faites en nous inspirant des travaux de Backer [2]. Enfin, c'est par l'oxydation de cet hexahydroxyméthylbenzène que nous avons obtenu l'acide mellique.

Cette oxydation a été tout d'abord effectuée par le permanganate de potassium en milieu alcalin. Dans un becher, on met en suspension 16,70 g d'hexahydroxyméthylbenzène dans environ 200 cm³ d'eau, on ajoute une solution contenant 78 g de permanganate de potassium et 10 g d'hydroxyde de potassium pour 3,500 l d'eau. Le mélange qui s'échauffe légèrement est abandonné pendant quatre jours. On le porte au bain-marie bouillant et l'on réduit l'excès de permanganate par l'alcool méthylique. Après refroidissement, la solution de mellate de potassium est séparée par filtration de l'oxyde de manganèse formé. Le filtrat et les eaux de lavage sont réunis et le tout est alors concentré au bain-marie. L'acide mellique est ensuite isolé sous forme de mellate de plomb d'où on le régénère par l'hydrogène sulfuré. Après

---

(2) *Rec. Trav. ch. Pays-Bas*, 54, 1935, p. 833.

séparation du sulfure de plomb, la solution abandonne, par évaporation, un résidu d'acide mellique avec un rendement de 33 %. C'est le mellate d'ammonium $C_6(CO_2NH_4)_6 4OH_2$, obtenu à partir de ce produit qui a été analysé (trouvé %, C 28,10-27,61; H 6,36-6,18; calculé %, C 27,91; H 6,28).

L'oxydation permanganique s'avère trop violente comme dans le cas où on l'utilise directement sur l'hexaméthylbenzène. Le rendement est encore faible et la séparation ainsi que le lavage des oxydes de manganèse constituent une suite d'opérations de longue durée. Nous avons donc cherché un procédé plus simple et plus rapide, évitant la coupure du noyau benzénique. C'est avec l'acide nitrique de densité 1,17 que nous avons atteint notre but.

Le mode opératoire est le suivant. Dans un erlenmeyer, on pèse 7,40 g d'hexahydroxyméthylbenzéne, 75 g d'eau et l'on ajoute 75 cm³ d'acide nitrique de densité 1,33. On porte ce mélange au bain-marie bouillant. La réaction ne démarre qu'après 15 mn environ, lorsque la température atteint 88°, et ne dure que quelques minutes. La solution parfaitement limpide ainsi obtenue est mise à évaporer dans une capsule de porcelaine jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'acide nitrique. On reprend alors par l'eau et l'on concentre dans le vide en présence d'acide sulfurique et de chaux sodée pour éliminer les dernières traces d'acide nitrique. Le rendement de cette oxydation est de 99,7 %.

Les résultats de l'analyse de cet acide, $C_6(CO_2H)_6$, sont les suivants : trouvé %, C 41,90-42-25; H 1,80-1,82; calculé %, C 42,12; H 1,77, F 286°.

Ce produit nous a servi à préparer du mellate d'ammonium qui a été lui aussi analysé : trouvé %, C 28,06; H 6,13.

Enfin, l'examen des spectres de rayons X a confirmé l'identité entre cet acide mellique et celui obtenu à partir d'un mellate d'aluminium naturel provenant de Toula (Russie) mis à notre disposition par M. le Professeur Orcel.

En résumé, l'acide mellique peut être préparé avec un rendement très satisfaisant par transformations successives de l'hexaméthylbenzène en dérivé hexabromé, celui-ci en hexaacétate, puis en hexahydroxyméthylbenzène, lequel a permis d'obtenir un corps pur avec un rendement de 80 %.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le benzyl-3 cyano-2 naphtol-1*.

Note (*) de M. **Robert Bucourt**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Dans l'étude de certaines des propriétés chimiques du benzyl-3 cyano-2 naphtol-1, il est fait mention d'une réaction de Bucherer anormale; celle-ci est accompagnée d'un arrachement de la fonction nitrile. Cette dernière fonction, parfaitement résistante à l'hydrolyse, réagit cependant facilement sur le phényllithium pour donner la cétimine correspondante, qui, elle-même, n'a pu être hydrolysée.

Dans une application (¹) à un cas particulier d'une nouvelle méthode de

---

(*) Séance du 17 septembre 1951.

(¹) Ch. Dufraisse, A. Étienne et R. Bucourt, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2061.

synthèse de composés naphtacéniques mésodisubstitués en péri, le benzyl-3 cyano-2 naphtol-1, I*a*, a été décrit comme corps intermédiaire dans la suite des opérations qui conduit à des corps aminohydroxylés, et dihydroxylés, en péri du naphtacène. J'ai entrepris la préparation de quelques dérivés de ce naphtol nitrilé, I*a*, dans le dessein d'aboutir ultérieurement à de nouveaux corps naphtacéniques.

a. Réactions de l'hydroxyle. — J'ai tout d'abord tenté de remplacer l'hydroxyle du naphtol I*a* par un groupement aminé en utilisant la méthode classique de Bucherer. Mais cette réaction se révèle difficile, puisqu'elle commence à se manifester à partir de 170° seulement et avec une vitesse extrêmement lente. De plus, elle n'aboutit pas à la naphtylamine attendue, dérivée du naphtol, I*a*, mais à la benzyl-3 naphtylamine-1, II; ($C_{17}H_{14}N$), la fonction nitrile ayant été arrachée au cours de la réaction. Cette naphtylamine, II, obtenue ainsi, se présente sous forme d'une huile, difficilement cristallisable, que je n'ai pas cherché à isoler puisqu'elle est immédiatement transformée à froid par l'anhydride acétique en son dérivé acétylé III, ($C_{19}H_{16}ON$), facilement purifiable par recristallisation dans l'oxyde de butyle. Ce dérivé, III, forme de petites aiguilles d'un blanc neige présentant le phénomène de dimorphisme caractérisé par le double point de fusion suivant : 1er F_{inst} 166° suivie de recristallisation. 2e F_{inst} 190-191°.

Par chauffage du naphtol I*a*, avec de l'acétamide à 260°, on obtient rapidement l'échange de l'hydroxyle par la fonction amine, mais encore, ici, accompagné de la perte du groupement nitrile. Dans ce cas on obtient un mélange de naphtylamine II et de son dérivé acétylé III. Pour obtenir le dérivé acétylé III, seul, on fait réagir l'acétamide en présence d'un peu d'anhydride acétique.

Mais le naphtol I*a* se comporte normalement à l'acétylation. Celle-ci peut être obtenue par court chauffage du naphtol à l'ébullition dans l'anhydride acétique. Le benzyl-3 cyano-2 acétoxy-1 naphtalène I*b* ($C_{20}H_{15}O_2N$) ainsi préparé, se présente sous deux formes cristallines non solvatées (dimorphisme) : l'une en fines aiguilles (cyclohexane) F_{inst} 123°, 5-124°, 5 et recristallisation; l'autre en prismes rhomboédriques (alcool propylique) F_{inst} 138-138°, 5.

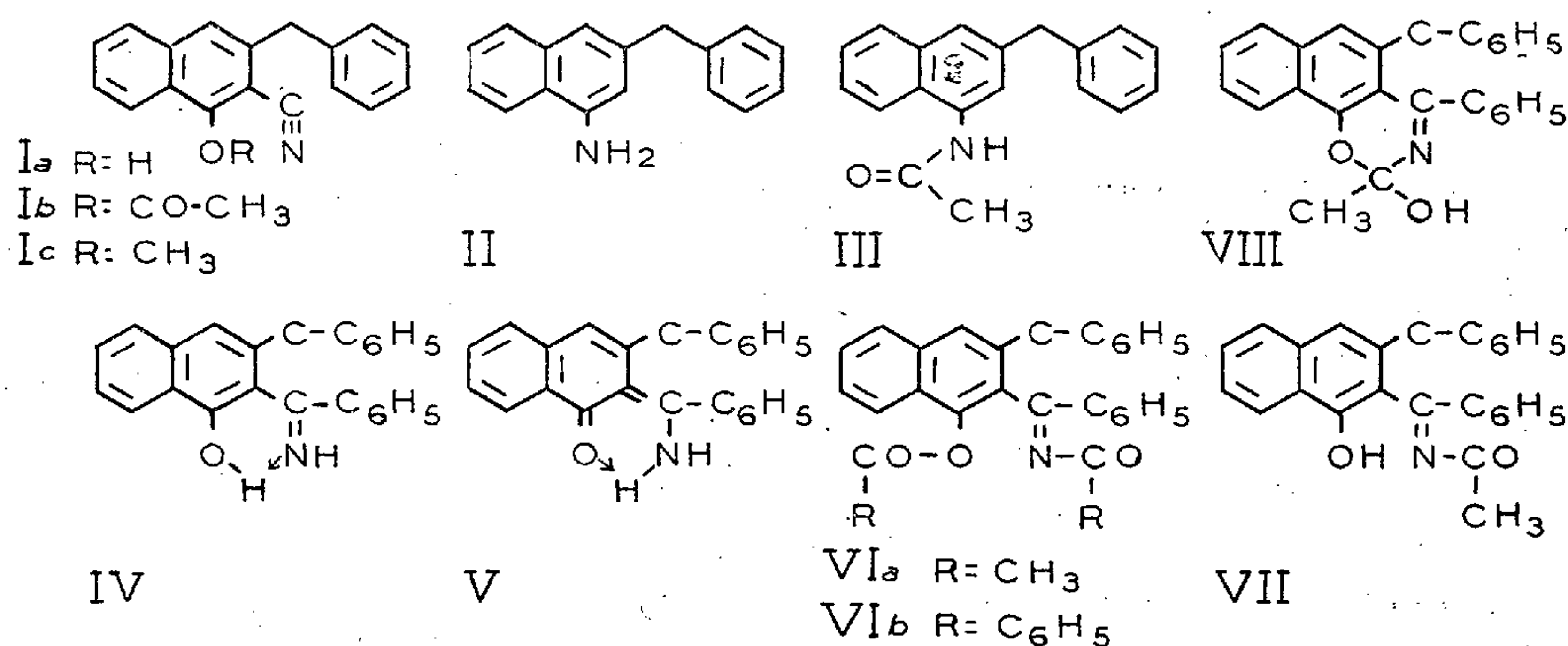
La méthylation du naphtol a été réalisée par action du diazométhane. Le benzyl-3 cyano-2 méthoxy-1 naphtalène I*c* ($C_{19}H_{15}ON$) obtenu manifeste également des propriétés de corps dimorphe. Par recristallisation dans l'alcool méthylique aqueux on obtient le plus souvent de petits hexagones F_{inst} 61°, mais il arrive aussi que l'on ait des bâtonnets allongés, fondant instantanément à 54°, avec resolidification, pour fondre à nouveau à 61°, comme les hexagones.

b. Réaction de la fonction nitrile. — Le naphtonitrile I*a* s'est révélé très résistant à l'hydrolyse. Il ne m'a jamais été possible de préparer l'acide ou l'amide correspondants.

Le phényllithium réagit sur le naphtonitrile I*a* pour donner la phénylcétimine IV, ($C_{24}H_{19}ON$), corps en aiguilles jaune canari (benzène), F_{inst} 199-200°. Les essais d'hydrolyse de cette cétimine en la cétone correspondante n'ont pas abouti (²).

Traitée par l'anhydride acétique à 100°, la cétimine IV donne le dérivé diacétylé VI*a*, ($C_{28}H_{23}O_3N$) incolore présentant le dimorphisme avec double point de fusion (hexane) : 1er F_{inst} 129-130°; 2e F_{inst} 142-143°. Ce dérivé diacétylé se dissout dans la potasse méthylique à froid en donnant immédiatement le corps monoacétylé VII, ($C_{26}H_{21}O_2N$) F_{inst} 150-151° dont les propriétés amphotères très nettes permettent de conclure, en toute vraisemblance, à la présence sur l'azote de l'acidyle restant. Cependant il doit être réservé, pour ce corps, l'éventualité d'une constitution cyclisée telle que celle représentée par VIII pour interpréter certains faits relatifs aux cyclisations.

L'action prolongée de la potasse méthylique sur le dérivé monoacétylé VII l'hydrolyse en cétimine IV. D'autre part, l'anhydride acétique ramène le dérivé monoacétylé VII au dérivé diacétylé VI*a*.



Le composé dibenzoylé VI*b*, ($C_{38}H_{27}O_3N$) peut être préparé par traitement de la cétimine à l'ébullition d'une solution benzénique de chlorure de benzoyle. C'est un corps incolore formé de petites aiguilles rassemblées en touffes F_{inst} 154-155°.

La forte coloration, inattendue de la cétimine IV, opposée à l'absence totale de couleur de ses dérivés acylés, doit être attribuée à l'existence d'un cycle chélaté, à la constitution duquel la structure orthoquinonique V apporterait une importante contribution.

(²) Une cétimine très analogue récemment décrite (Mlle J. CHAUVELIER, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2458), s'est montrée de même passablement résistante à l'hydrolyse.

MINÉRALOGIE. — *Sur la présence d'une palygorskite à Tafraout (Maroc).* Note de Mlle **Simonne Caillère**, présentée par M. Charles Mauguin.

Un curieux minéral papyracé, recueilli par les soins du Bureau de Recherche et de Prospection Minière de Rabat a été donné au Muséum National d'Histoire Naturelle, par M. l'abbé C. Gaudefroy. Cet échantillon a été prélevé à 20 km au Sud-Ouest de Tafraout, région de Tahala (Maroc). Il se trouvait là dans les déblais d'un puits à eau, d'environ 30 m de profondeur, creusé dans un granite renfermant des traces d'une minéralisation cuprifère (chalcopyrite et cuprite).

L'échantillon se présente sous forme d'une plaque, de 17 cm de long, 12 cm de large et 1 cm d'épaisseur, relativement dure, d'une couleur blanche et dont l'aspect rappelle celui d'un carton. Sa nature fibreuse apparaît cependant assez nettement sur les bords. L'étude microscopique montre en effet qu'il s'agit d'un minéral fibreux bien cristallisé, assez pur qui englobe seulement quelques rhomboèdres de calcite. Les fibres ne présentent aucune direction préférentielle. Elles ont une extinction droite, une biréfringence faible et un signe d'allongement positif. Leur indice moyen, mesuré par immersion dans l'acétophénone a pour valeur 1,53.

La courbe thermique différentielle révèle des crochets endothermiques nets à 100° et à 250°. A 480° et à 540°, se placent deux autres inflexions également endothermiques. Enfin on note à 900° un accident exothermique. L'allure de cette courbe rappelle celle des palygorskites, toutefois il faut remarquer que l'on n'observe pas de dédoublement aussi net dans le phénomène se situant vers 500°; il se trouve seulement amorcé dans le diagramme du minéral de Le Vigan [1].

L'étude faite à l'aide de la thermobalance Chévenard révèle jusqu'à 200° une perte de 9 %, entre 200 et 400° une diminution de poids de 3,5 %. Enfin, entre 400° et 700° le minéral laisse échapper 6,5 % d'eau. Au delà et jusqu'à 1000°, l'échantillon perd encore 1,5 % de son poids initial. Au total on enregistre une perte de 20,5 %. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par H. Longchambon [2] avec une palygorskite de Simféropol (Crimée).

L'analyse chimique exécutée sur une autre prise d'essai, triée aussi soigneusement que possible, a donné les résultats suivants : SiO_2 52,6; Al_2O_3 12,6; Fe_2O_3 3,8; FeO 0,8; CaO 2,2; MgO 8,4; H_2O+ 10,6; H_2O- 9; total : 100,0.

Il s'agit là d'un silicate alumineux et magnésien, dont la composition est voisine de celle du minéral, décrit par A. Fersman [3], provenant de la rive

(1) S. Caillère, *Bull. Soc. Fr. Min.*, 59, 1936, p. 352-374.
(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 672.
(3) *Mém. Acad. Sc. Saint-Pétersbourg*, 8e série, 32, 1913, p. 323-365.

droite de l'Oka, en amont de Nijni-Novgorod. Elle est également très comparable à celle d'une palygorskite recueillie à Taoudeni (Sahara occidental) ([4]) et de la terre d'Attapulgus, pour laquelle il avait été proposé le terme d'Attapulgite ([5]).

Le diagramme de rayons X fait en utilisant la poudre du minéral montre une équidistance principale de l'ordre de 10,5 Å. Cette première raie est la plus forte. Il en existe un certain nombre d'autres que l'on retrouve avec les mêmes caractères d'intensité dans le diagramme du minéral d'Attapulgus.

Le carton de montagne de Tafraout est donc un aluminosilicate magnésien hydraté et l'ensemble des propriétés signalées ci-dessus permet de le classer dans le groupe des palygorskites.

Cet échantillon est intéressant car c'est la première fois que l'on signale un gisement de ces curieux minéraux au Maroc. Quant à son origine elle est tout à fait différente de celles des palygorskites du Sahara et d'Attapulgus. La première a été rencontrée sous forme de lits dans les sédiments calcaires, et la seconde résulte d'après P. F. Kerr ([8]) de l'altération en milieu lagunaire d'une montmorillonite.

La présence de la palygorskite à Tafraout ne peut s'expliquer que par des actions hydrothermales postérieures à la mise en place du granite et ayant provoqué la minéralisation cuprifère de celui-ci.

Il y aurait lieu de rapprocher ces conditions de gisement de celles des lassalites de Mesonial en Mercœur (Haute-Loire) et de Can Pey, près Arles-sur-Tech (Pyrénées-Orientales) décrites par G. Friedel ([6]), ([7]). Ces minéraux qui doivent être rattachés au groupe des palygorskites ([1]), ([3]), nom plus ancien dans la littérature ([9]) que celui de lassalite et même de pilolite ([10]), se trouvent en effet dans des filons minéralisés associés à la stibine et à la barytine pour celui de la Haute-Loire, et à la blende dans celui des Pyrénées-Orientales.

([4]) S. Caillère, *C. R. LXXIIe Congrès Soc. Sav.*, 1939, p. 147.

([5]) J. de Lapparent, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 481.

([6]) *Bull. Soc. Fr. Min.*, 24, 1901, p. 12-14.

([7]) *Bull. Soc. Fr. Min.*, 30, 1907, p. 80-83.

([8]) *Amer. Min.*, 22, 1937, p. 534-550.

([9]) T. V. Ssaftchenkov, *Verh. der Russich-Kaiserlichen Min. Gesells. Saint-Pétersbourg*, 1862, p. 102.

([10]) M. F. Heddle, *Min. Mag.*, 2, 1879, p. 206-219.

GÉOLOGIE. — *Observations nouvelles sur les terrasses fluviales et lacustres de la Dombes et de la Saône*. Note (*) de M. **Philibert Russo**, présentée par M. Paul Fallot.

Une série de recherches hydrogéologiques dans la Dombes et la Bresse m'a permis d'établir un millier de cotes, en affleurements ou en sondages, des assises pliocènes et quaternaires de ces régions. Ces observations complètent et parfois modifient celles exposées par M. Delafond et Ch. Depéret, dans leur magistral ouvrage sur la Bresse ([1]).

1° Choisissant parmi ces cotes, quelques valeurs caractéristiques, on peut dresser le tableau schématique suivant :

Points des observations	Pliocène continental.		Quaternaire. Terrasses de					
Abords de	Plaisancien.	Villafranchien.	130 m (*).	100 m.	60 m.	30 m.	15 m.	Saône
Dijon.........	233–206,	262–207	–	–	–	209	–	–
Nuits.........	229–201	230–213	–	–	–	194	186	171
Beaune........	210	250–212	–	–	–	186	–	–
Chagny........	196	210–191	–	–	–	188	184	170
Châlon........	193–170	216–212	–	–	–	189	184	–
Tournus.......	177–170	201–170	–	–	–	194	185	–
Pont-de-Vaux...	189	194–200	–	–	–	206	182	–
Mâcon.........	–	203	–	–	–	210	182	–
Thoissey......	225	235–218	–	250	–	200	183	–
Belleville......	–	228–218	–	–	225	–	180	168
Saint-Georges...	236	–	–	–	232	–	–	–
Villefranche...	232	238–236	–	246	236	–	180	168,8
Trévoux.......	238	292–265	292	269	240	200	180	168,3
Neuville.......	240	290	290	282	–	–	176	167
Miribel........	240	300	292	289	–	–	–	–

(*) Cette terrasse de 130 m est le terme le plus ancien du Quaternaire et passe dans notre région au Pliocène fluvial.

2° La plupart des hautes terrasses quaternaires ont à peu près disparu dans le Nord de la région, elles sont mieux conservées dans le Sud. Au Sud-Ouest de Chasselay (Sud de Trévoux) la plus élevée, rattachée, sur la carte géologique au 1/80 000 (feuille de Lyon, — 2e édition, — 50 gr 95′ N et 2 gr 68′ E), au niveau dit de 90-100 m, se raccorde en fait à l'Est de la Saône avec la terrasse villafranchienne de Genay. Les terrasses plus basses qui l'accompagnent sont toutes formées, comme elle et quel que soit

(*) Séance du 10 septembre 1951.

([1]) *Les terrains tertiaires de la Bresse et leurs gîtes de lignite et de minerai de fer* (*Min. Trav. Publics, Étude des gîtes minéraux de la France*, 1898).

leur niveau, de cailloutis et sables argileux jaunes et roux, à gros galets (jusqu'à 20 cm de diamètre), de quartzites alpins, en tout semblables aux cailloutis de la gare de Saint-Germain à *Mastodon arvernensis* et *Elephas meridionalis* ou de Rochecardon à *Mastodon Borsoni* (faune des sables de Chagny), et aux cailloutis également villafranchiens qui couronnent à Trévoux les sables astiens ([1]), ([2]). Exclusivement formées, dans l'Est, de matériaux venus des Alpes, ces terrasses sont progressivement envahies dans l'Ouest (Basse Azergues), par les cailloutis locaux. Altimétriquement, la plus haute (250 à 290), est au même niveau que le grand arasement des gneiss de Dommartin ([3]) (260-295), le Villafranchien de Trévoux (292 à Genay) ou les cailloutis de Champagne et de Charbonnières (285-305), et de La Tour de Salvagny (310). Les terrasses de Chasselay se rattachent donc lithologiquement, paléontologiquement et altimétriquement au Villafranchien ([3]).

De ces faits on peut déduire que :

a. Une coupe Nord-Sud faite dans le Pliocène bressan, dessine une courbe ouverte vers le ciel et surtout marquée en approchant de Lyon. Même concavité dans les terrasses quaternaires, surtout marquée dans la plus haute, nulle dans la plus basse.

b. Des mouvements eustatiques marins ni une épirogénie d'ensemble ne peuvent expliquer une telle concavité localisée. Au contraire un mouvement tectonique se prolongeant jusque après l'époque rissienne et manifesté en une zone Est-Ouest couvrant les régions du Mont-d'Or, de la Bordière de Dombes et de la plaine de l'Isère peut la créer.

c. Un tel mouvement peut reconnaître pour origine, outre les actions d'origine alpine, celle des glaciations. Les glaciers quaternaires qui couvraient cette région y provoquaient, par leur poids, une subsidence que leur disparition transforma en exhaussement du socle (*cf.* glacier scandinave).

d. Les alternances de glaciations et de périodes chaudes créant des alternances d'abaissement et d'élévation du socle, permettaient à la Saône d'attaquer horizontalement les assises pliocènes qui, relevées ou abaissées, se présentaient à son arasement à des altitudes successivement plus hautes ou plus basses.

e. La concordance classique entre les glaciations et les terrasses d'alluvionnement explique la concordance d'âge entre terrasses et arasements.

f. Les arasements les plus anciens sont à la fois les plus élevés actuellement et les plus méridionaux.

g. Les terrasses de la Saône dans la région de Lyon et de la Dombes sont, sauf celles post-wurmiennes, des surfaces d'abrasion et non des terrasses d'alluvionnement et d'érosion.

([2]) F. Roman, *Géologie lyonnaise*, Les Presses Universitaires de France, Paris, 1926.

([3]) P. Russo, *Bull. Serv. de la Carte géol. de France*, 17, 1948, n° 225, p. 115-121 et 17, 1949, n° 226, p. 67-72.

GÉOLOGIE. — *Les dolérites hercyniennes du Sud Marocain.* Note (*) de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Paul Fallot.

Les deux grands dykes hercyniens, celui du Tansikht (Jebel Ousouksti) coupant la vallée du Dra et celui du Foum Zguid traversant la Feija et le Bani sont connus depuis la pacification du Sud Marocain. La carte géologique du Maroc au 1/1 500 000 (1936) figure en outre deux sills sur la piste du M'Hammid à la Hammada, ainsi que plusieurs sills importants entre le Zemoul et Tinfouchy étudiés par N. Menchikoff ([1]). Les investigations de ces dernières années ont montré que toutes ces dolérites appartiennent à un même système éruptif.

Le dyke de Foum Zguid traverse le chaînon d'El Graara : son cœur précambrien complexe et ses enveloppes cambriennes. Par places, il se divise en plusieurs branches ou est accompagné de filons satellites parallèles. Quand le dyke est large et puissant (Foum Zguid, Tansikht), la roche prend l'allure de gabbro ou parfois de diorite. La structure doléritique n'apparaît alors que sur les bords du dyke. La dolérite forme la totalité du filon quand celui-ci est étroit (moins de 100 m). Ses bordures sont alors formées d'une dolérite compacte à grains très fins.

Plus au Nord-Ouest, on suit le même dyke à travers la structure anticlinale qui borde au Sud, le Dra et le synclinal du J. Kissane. Il se continue ensuite par le dyke de Tansikht (J. Ousouksti), puis traverse les termes successifs du flanc sud du Saghro et semble finalement mourir au milieu des plateaux successifs du Géorgien et du Précambrien III. La longueur connue de ce dyke depuis le Bani jusqu'au Saghro est de 120 km au moins.

Au Sud du Bani, dans les plaines à substratum de schistes du Gothlandien et du Dévonien inférieur, recouvertes de regs puissants, le dyke semble perdre sa belle continuité. On y retrouve néanmoins çà et là des affleurements doléritiques. Au delà, on rentre dans un magnifique système de sills qui accompagnent la double barre gréseuse emsienne et épousent ses plissements. En plus du sill principal, souvent double ou triple, on rencontre d'autres sills, moins importants, injectés plus haut dans le Dévonien moyen. Ce sont presque uniquement des dolérites. Les variétés gabbroïques ou dioritiques sont rares. Parfois, elles revêtent un faciès vacuolaire qui pourrait faire penser aux basaltes doléritiques. Cependant la nature filonienne de ces sills ne présente pas de doute, car on les voit fréquemment recouper les strates.

Le premier ensemble de sills s'étale dans le synclinal de Mrhimima, séparant le Bani de l'anticlinal ordovicien du J. Hamsailikh. On peut le suivre

(*) Séance du 10 septembre 1951.

([1]) *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, 3, 1930, p. 104-247.

depuis l'Oued Zguid à l'Est jusqu'au delà de la transversale d'Agadir Tissint (Toufassour) à l'Ouest, soit sur près de 50 km. En suivant la barre emsienne, les sills doléritiques contournent périclinalement le Hamsailikh. On les retrouve en grand nombre dans les plaines qui bordent le Dra (Drehmya) dont le substratum est formé de Dévonien moyen. Les sills sont ici nombreux, mais moins continus, on y rencontre aussi des amas laccolithiques. Au delà du Dra, dans le Dévonien supérieur, puissant de plusieurs milliers de mètres, on retrouve le régime de grands sills très continus : le double sill d'Akeriche allant de Beid er Ras jusqu'à la daya Arhbaro et Hassi el Mellah (au Sud du Rich M'Bidia) a 150 km de long. A quelque distance plus au Sud, au pied de la Hammada du Dra, il est suivi par un autre double sill, moins puissant et moins rectiligne.

Le même régime se retrouve dans les déchirures de la Hammada (Bicibissa, Igma, Zemoul), où le Dévonien supérieur réapparaît à la faveur de l'axe anticlinal du Zemoul étudié en compagnie de R. Lavocat. Signalons en particulier la vaste traînée doléritique du haut Oued Bicibissa-Hassi Mohammed-Ouidane Khzim, puis le double sill allant du Zemoul à Mouilah, en décrivant plusieurs vastes plis. Enfin des dolérites existent aussi dans le Dévonien de Tinfouchy [1]. Le dernier sill de cette série s'intercale dans les grès struniens de la crête du Tazout que traverse la piste d'Igma à Oum el Assel. Jusqu'à présent je ne connais pas de dolérites dans le Carbonifère (Ouarkziz, Betana).

L'ensemble de ces trois zones injectées de dolérites (synclinal de Mrhimima, plaines du Dra, région de Zemoul-Igma) s'étend sur 200 km d'Est en Ouest et sur près de 150 km du Nord au Sud. Par contre aucune manifestation éruptive n'est connue ni le long du Dra ni le long du Bani entre Agadir Tissint et la mer. Vers l'Est, il faut aller jusqu'au Maïder et à Mecissi (à plus de 200 km) pour retrouver les premiers affleurements de roches vertes qui se développeront au Sud de l'Ougnat et dans le Tafilalet.

D'après N. Menchikoff [1] on retrouve une zone injectée semblable au Sud de la Hammada du Dra, au droit d'Aouinet Legra. Elle a près de 100 km d'Est en Ouest et affecte également le Dévonien. Située entre les méridiens d'Igma et de Zemoul, cette zone fait exactement suite à la zone injectée du Nord. Comme dans le Dra aucune dolérite n'est connue ni à l'Est ni à l'Ouest de cette zone. Il est hors de doute que le Dévonien de tout le substratum de la Hammada du Dra est également injecté entre les mêmes méridiens. Ce qui porte la longueur de la zone injectée à plus de 350 km du Nord au Sud.

La relation du dyke de J. Ousouksti — Foum Zguid avec la zone des sill, est évidente. Le dyke nourricier se continue donc tout au long dans le soubassement du Dévonien injecté. Sa longueur peut donc être estimée à près de 500 km, ce qui le rend comparable au grand dyke de la Rhodésie (péridotite et norite). On a ainsi dans le Sud-Marocain un des plus beaux systèmes gabbro-doléritiques du monde.

La mise en place de cet ensemble de dykes et sills a dû avoir lieu lors d'une phase tectonique hercynienne relativement précoce, les sills sont plissés avec la série stratigraphique encaissante. A en juger d'après les dolérites du Tafilalet, certainement contemporaines, la venue serait post-viséenne. Je la considérerais volontiers comme anté-westphalienne (²).

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution géologique des régions de Moramanga et Brickaville (Est de Madagascar).* Note (*) de M. **Louis Laplaine**, transmise par M. Henri Besairie.

Le socle ancien qui forme la quasi-totalité de la région étudiée est constitué par du Précambrien métamorphique (système Androyen) essentiellement migmatitique, parfois granitisé, où l'on sépare plusieurs groupes : Angavo, Mangoro, Manampontsy, Brickaville, qui affleurent en larges bandes méridiennes se succédant d'Ouest en Est. Des intrusions granitiques et gabbroïques ont recoupé le socle à diverses époques.

Le groupe de l'Angavo à l'Ouest du Mangoro, est affecté d'une granitisation importante et montre l'association de migmatites granitoïdes (migmatites à très fort pourcentage quartzofeldspathique) et d'un granite hétérogène, folié, très leucocrate, de caractère monzonitique microclinique à biotite. On rencontre également dans la formation quelques enclaves de migmatites schisteuses résiduelles.

Le groupe du Mangoro, assez réduit, renferme des migmatites rubanées à biotite qui montrent un métamorphisme de catazone et où le faciès malgachitique est fréquent. L'absence de minéraux accessoires alumineux est un des caractères du groupe.

Le groupe du Manampontsy qui couvre 50 % de la région étudiée est formé en majeure partie de migmatites schisteuses à biotite et amphibole qui renferment des bancs graphiteux (dans ces roches, la trame est encore nettement distincte des lits orthoclasiques). La fréquence des minéraux alumineux ou calciques, sillimanite, corindon, grenat, épidote, est caractéristique du groupe et montre une origine paragneissique. Le faciès y varie de la catazone à la mésozone avec gneiss lit par lit prédominants, amphibolites, quartzites et quelques pyroxénites à scapolite; le sommet de la formation, non migmatitique, montre des micachistes, amphiboloschistes et amphibolites à trémolite et actinote.

Le groupe de Brickaville est une importante formation de catazone qui affleure sur une vingtaine de kilomètres de large au milieu du groupe du Manampontsy et s'étend très loin au Nord et au Sud de notre région. Les

(²) G. Choubert, *Notes et Mémoires Serv. Géol. Maroc*, n° 83, 1951 (sous presse).

(*) Séance du 10 septembre 1951.

migmatites granitoïdes qui la constituent sont des roches très feldspathiques, rubanées, parfois œillées et le plus souvent porphyroïdes avec gros phénoblastes de grenats et amandes de biotite et hornblende verte distribuées en taches alignées; elles sont associées à des malgachites grenues ou rubanées. Cette formation dont l'homogénéité est très grande renferme des enclaves du groupe du Manampontsy (gneiss à graphite en particulier). Le rubanement très accusé et l'abondance des minéraux alumineux confère à ces roches un caractère migmatique et non orthogneissique bien qu'elles présentent à l'analyse une composition de granite monzonitique.

Les roches intrusives comprennent deux batholites de granites francs rattachés au type kalambatréen (Haut Rianila et Sud de Périnet où la roche prend un faciès pegmatitique) et plusieurs venues gabbroïques. Ces dernières montrent des types leucocrates, mésocrates fréquents et mélanocrates, souvent transformés en pyroxénites et amphibolites. Des dykes de dolérite sont particulièrement abondants dans la zone côtière.

Des sédiments du Crétacé supérieur forment une mince bande sur la côte avec calcaires et argiles au Sud passant latéralement à des grès et sables azoïques au Nord. Les grandes coulées basaltiques côtières antésénoniennes n'existent pas ici mais des ankaratrites rattachées au Néogène se sont épanchées dans le secteur Sud-Est.

La tectonique ancienne est simple avec directions de schistosité et foliations subméridiennes, sauf sur le pourtour du batholite de Périnet où les directions ceinturent le massif. Les pendages Ouest de 20 à 40° sont les plus fréquents; les pendages Est sont assez rares et plus grands que 45°. Ces observations traduisent une structure en plis dissymétriques à grand rayon de courbure et à versant Est quasi vertical. Une tectonique beaucoup plus récente de fractures a rejoué à plusieurs reprises, déterminant en particulier l'effondrement de l'Ankay remblayé par des dépôts lacustres néogènes et quaternaires (alluvions sabloargileuses constituant des terrasses d'une épaisseur de 20 à 50 m).

Les gneiss graphiteux du groupe du Manampontsy constituent la grosse richesse minière du pays. Ils ont souvent un important développement en direction mais qui est parfois perturbé par des fractures en touches de piano. L'association sillimanite, grenat et graphite est fréquente. Les minerais sont toujours très fortement altérés et la nontronite, gênante pour l'enrichissement par flottation, n'est pas rare. Dans cette partie orientale de l'île le graphite se présente en paillettes disséminées dans les gneiss et aucun graphite filonien n'a été rencontré. L'or existe dans de nombreux mais peu importants gisements alluvionnaires. Provenant des schistes cristallins eux-mêmes dont il est un constituant normal, il est localisé à la partie supérieure du groupe du Manampontsy au front des migmatites bien marqué par l'apparition des amphibolites. A Marovato et à Grigri, des veines quartzeuses interstratifiées dans les migmatites renferment de l'or, soit libre soit combiné à des sulfures (pyrite).

MÉTALLOGÉNIE. — *Découverte du wolfram dans le Massif du Tazzeka* (*Région de Taza, Maroc*). Note (*) de M. **Philippe Morin**, transmise par M. Paul Fallot.

L'analogie pétrographique des granites du Maroc central, lesquels ont apporté du wolfram, avec le massif granitique du Tazzeka, récemment découvert, a conduit à y rechercher une minéralisation wolframifère.

La découverte de celle-ci, permet de relier les gîtes du Maroc central et ceux de la région d'Hassiane ed Diab (Maroc oriental). La province métallogénique à wolfram liée à des roches granitiques hercyniennes apparaît ainsi continue.

Les roches paléozoïques hautement métamorphiques qui affleurent au signal du Jebel Tazzeka (1979 m) sont connues depuis longtemps; MM. H. Termier et W. Van Leckwijck, en particulier, qui les observèrent en 1935, conclurent à leur genèse par métamorphisme de contact (communication orale).

On ne connaissait cependant pas la roche plutonique responsable de ce métamorphisme. Au cours d'une course en compagnie de MM. E. Raguin, J. Bouladon, Hwang, J. Hindermeyer et M. Meune, nous avons découvert dans la haute vallée de l'Oued Tazzeka, affluent de gauche de l'Oued Kahal, un petit massif granitique ceinturé par un bourrelet métamorphique qui culmine précisément au signal du Tazzeka.

Les roches de ce massif : granite porphyroïde à deux micas, granite leucocrate à muscovite abondante, suggéraient un rapprochement avec celles des massifs d'Oulmès et du Ment (Maroc central), lesquels ont apporté, en particulier, de la tourmaline, des minéraux de wolfram et du mispickel. L'analogie était renforcée, d'une part, par l'abondance de la tourmaline émanée du granite du Tazzeka et, d'autre part, par la découverte, due à M. Raguin, d'un galet de quartz avec muscovite, mispickel et pyrite et provenant de ce massif.

Il apparaissait donc intéressant de rechercher une minéralisation en wolfram dans les filons en bordure du granite.

Effectivement, l'observation de la minéralisation des filons de quartz qui traversent la piste du Jebel Tazzeka au Sud-Est du signal me permit, dès 1947, d'y découvrir la wolframite ([1]). Celle-ci est généralement très oxydée dans les filons en surface et souvent il ne subsiste plus dans le quartz que les cavités résiduelles des cristaux, remplies d'oxyde de fer.

Les nombreux filons ont des puissances très variables, mais généralement faibles. Ils se prolongent parfois dans la roche granitique où ils apparaissent encore minéralisés.

Le granite à muscovite est localisé au Sud et au Sud-Est du massif pluto-

---

(*) Séance du 10 septembre 1951.

([1]) Pli cacheté n° 12335 déposé le 4 août 1947 et ouvert à la demande de l'auteur le 10 septembre 1951.

nique et les filons ne semblent minéralisés en wolframite que dans cette partie de la bordure.

La paragénèse actuellement connue comprend, en dehors de la wolframite, le mispickel assez rare, la tourmaline extrêmement abondante non seulement aux épontes de certains filons de quartz, mais à l'intérieur de ceux-ci. La scheelite n'a pas encore été trouvée en place, mais sa présence a été reconnue ultérieurement dans l'échantillon de quartz recueilli par M. Raguin.

Ce massif n'est d'ailleurs pas le seul affleurement de roches granitiques connu dans la région. En effet, en compagnie de MM. P. Fallot et J. Hindermeyer, nous avons observé à Oujjama, à 3 km au Nord-Ouest du signal du Tazzeka, un minime affleurement de granite à muscovite distinct du massif précité.

La minéralisation découverte permet de relier les gîtes de wolfram du Maroc central et ceux de la région d'Hassian ed Diab dans le Maroc oriental. La province métallogénique à wolfram liée à des roches granitiques hercyniennes ([2]) apparaît ainsi continue. Des découvertes plus récentes ([3]), ([4]) permettent d'ailleurs d'étendre cette province à l'ensemble des roches granitiques du Domaine Atlasique.

PALÉONTOLOGIE. — *Étude par diffraction des rayons X de la fossilisation d'ossements préhistoriques*. Note de MM. **Max Escalon de Fonton**, **Roger Michaud** et **Guy Périnet**, présentée par M. Charles Mauguin.

Premiers résultats de la détermination de l'âge d'ossements préhistoriques par les spectres de diffraction X.

Établir une chronologie relative des éléments d'un gisement préhistorique constitue souvent une entreprise aléatoire, du fait de l'absence d'élément de comparaison, dans le cas de couches uniques, ou du fait des remaniements postérieurs à leur dépôt, dans le cas de couches multiples.

Dans ces conditions, une étude chronologique valable doit lier un phénomène naturel mesurable à l'évolution diagénétique des gisements préhistoriques.

Nous avons pensé que l'étude de la fossilisation des ossements des habitats préhistoriques, par la diffraction des rayons X, pourrait permettre l'établissement de cette chronologie relative.

Des essais préliminaires ayant mis en évidence de grandes différences dans les spectres X d'ossements plus ou moins fossilisés, nous avons décidé d'utiliser la méthode Debye et Scherrer en rayonnement $K\alpha$ du Cu filtré par Ni. Cette

---

([2]) J. Agard et Ph. Morin, *Notes Serv. Géol. Maroc*, **11**, 1949, p. 159.

([3]) F. Permingeat, H. et G. Termier, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1155.

([4]) F. Permingeat, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 92.

méthode présente l'avantage d'utiliser très peu de matière et de laisser intacte la structure d'échantillons souvent rares et de très petites dimensions.

Les ossements examinés, datés stratigraphiquement, provenaient de cavernes creusées dans le calcaire, c'est-à-dire, de gisements ayant subi une diagénèse relativement simple (fossilisation par substitution de CO_3Ca aux matières organiques, conservation du matériel à l'abri des intempéries, absence d'épigénie ou métasomatose, compliquant les phénomènes).

Pour ce type d'ossements non lessivés, nous avons obtenu les résultats suivants :

1° Les diagrammes étant identiques quelle que soit la portion de l'ossement examinée, la fossilisation ne semble donc pas se faire par pénétration progressive du carbonate de calcium.

2° Les raies du phosphate, larges et diffuses pour les os récents, s'affinent pour les os plus âgés; le degré de cristallinité du phosphate paraît donc croître avec l'âge; nous avons d'ailleurs pu reproduire cet affinement des raies par un traitement thermique approprié, qui correspondrait ainsi à un vieillissement accéléré.

3° Le minéral substituant est toujours de la calcite et jamais de l'aragonite, ou une autre forme de CO_3Ca. Cette calcite qui est d'origine minérale puisqu'on n'en voit pas sur les spectres d'os frais, se présente en cristaux plus gros que ceux du phosphate d'origine organique.

4° Le rapport calcite/phosphate, augmente graduellement avec l'âge.

Nous avons ainsi trouvé que le classement des os étudiés, en fonction de leur teneur en calcite, correspond au classement fondé sur la stratigraphie. La méthode présente, par ailleurs, une sensibilité suffisante pour distinguer nettement les os néolithiques des os récents d'une part, des os mésolithiques d'autre part.

Nous espérons augmenter la précision des déterminations par un traitement préalable approprié des ossements.

MYCOLOGIE. — *Caryologie des spores, germinations et myccéliums de quelques Basidiomycètes résupinés (Hydnés et Mérulinés).* Note de M. **Jacques Boidin**, présentée par M. Roger Heim.

Nous avons obtenu en cultures polyspermes et étudié cytologiquement 27 espèces réparties dans 10 genres : 3 *Radulum*, 9 *Odontia*, 2 *Mycoleptodon*, 2 *Mycoacia*, 3 *Grandinia*, 1 *Climacodon*, 1 *Sistotrema* ainsi que 4 *Merulius*, 1 *Gyrophana* et 1 *Phlebia*. Notre étude a porté sur les noyaux des spores, des germinations et, lorsqu'ils purent être obtenus, des haplontes.

Quelques cultures d'Odontiées ont été obtenues par C. A. Brown [1]

[1] *Bot. Gaz.*, 96, 1935, p. 640-675.

en 1935 et par R. Biggs [2] en 1938, mais aucune étude cytologique de leurs myCéliums n'a été publiée.

Radulum membranaceum (Bull.), *orbiculare* Fr. et *quercinum* Fr. ainsi que *Mycoleptodon ochraceum* (Pers.) et *fimbriatum* (Pers.) projettent des spores uninucléées qui germent en donnant des filaments à articles uninucléés; les diplontes sont binucléés et bouclés. *R. orbiculare* montre sur ses myCéliums mono- et polyspermes des rameaux latéraux unicellulaires régulièrement étranglés, rappelant les chaînettes pseudo-mycéliennes des levures; ces cellules très caractéristiques se retrouvent dans les carpophores, même s'ils sont très jeunes et corticioïdes. Les 2 *Mycoleptodon* fructifient en culture.

Odontia floccosa (B. et G.), *arguta* (Fr.), *bicolor* (Alb. et Schw.), *papillosa* (Fr.) et *crustosa* (Pers.) forment des spores uninucléées qui germent lentement en semis polyspermes pour donner des cultures bouclées à articles binucléés; celles des *O. arguta* et *crustosa* fructifient. *O. alutacea* semble se comporter de même, mais lorsque, après quelques mois de culture, nous avons voulu étudier la cytologie de son mycélium secondaire originellement pourvu d'anses d'anastomose, nous n'avons trouvé que des filaments sans boucles, uninucléés correspondant peut-être à l'haplonte. Nous avons pu obtenir des haplontes des *O. floccosa, arguta* et *bicolor* qui se sont montrés uninucléés; cette dernière forme dans toutes ses cultures des oïdies ainsi que de courts rameaux perpendiculaires porteurs d'oxalate en mâcle radiée. *O. corrutaga* (Fr.) et sa var. *pruni* (Lasch.) ont des spores binucléées qui germent très rapidement en donnant des filaments multinucléés et des cultures monospermes munies de boucles rares, souvent incomplètes, sur les plus grosses hyphes ($\times 6\,\mu$) fortement cénocytiques; les cultures polyspermes sont identiques et cet *O.* semble donc homothallique. Chez *O. hydnoides* (Cooke et Mass.) les spores uninucléées germent difficilement en semis lâches et donnent des mycéliums monospermes cénocytiques (6 à 80 noyaux dans les articles terminaux selon la largeur des hyphes) porteurs de boucles très rares parfois opposées par deux à la même cloison, et que l'on ne peut différencier des cultures polyspermes qui, comme les monospermes, fructifient. *O. Queletii* (B. et G.) projette des spores uninucléées; son diplonte est cénocytique et possède des boucles simples ou opposées, assez fréquentes sur les plus grosses hyphes.

Des spores uninucléées de *Mycoacia uda* (Fr.) naissent des germinations cénocytiques; les articles terminaux des mycéliums monospermes contiennent un ou plusieurs noyaux; on peut déceler des boucles rares dans le mycélium aérien des cultures âgées. Le polysperme forme des filaments cénocytiques qui supportent des hyphes aériennes binucléées et bouclées et fréquemment un hyménium odontioïde rougissant en présence d'ammoniaque. A partir d'une

(2) *Mycologia*, 30, 1938, p. 64-78.

seule spore uninucléée de *Mycoacia stenodon* (Pers.) naît un mycélium cénocytique, sauf dans ses parties aériennes bouclées et à dicaryons, qui est capable de fructifier.

Grandinia farinacea (Pers.) et *mutabilis* (Pers.) (= *granulosa*) ont des diplontes binucléés et bouclés; ceux du premier fructifient. *Gr. helvetica* (Pers.) a des spores uninucléées, de même que les articles de ses haplontes; son polysperme est à articles bi, tri ou tétra-nucléés selon que les divisions conjuguées portent sur 2, 3 ou 4 noyaux; les boucles n'existent que sur les plus gros filaments.

Climacodon septentrionalis (Fr.) forme des germinations cénocytiques; son diplonte, sans boucles, a des articles terminaux ayant jusqu'à 80 et même plus de 100 noyaux; il forme des chlamydospores.

Les boutures de *Sistotrema sublamellosum* (Bull.) (= *confluens* Pers.) poussent très lentement; leurs hyphes sont bouclées et à dicaryons.

Merulius tremellosus (Schrad.) a des spores uninucléées qui sont à l'origine de germinations et d'haplontes cénocytiques; le diplonte qui a ses hyphes aériennes binucléées et bouclées voit les boucles se raréfier dans les filaments submergés et ses articles posséder un nombre plus ou moins élevé de noyaux (on a pu en dénombrer 362 dans un seul article terminal); les divisions nucléaires se font alors isolément ou par petits groupes épars dans un même article; haplonte et diplonte possèdent des chlamydospores. *M. papyrinus* (Bull.) projette des spores binucléées; ses germinations un peu cénocytiques se développent en mycéliums monospermes porteurs de boucles rares, souvent opposées, qui fructifient formant des basidioles binucléées comme les polyspermes. *M. porinoides* (Fr.) a été étudié par R. Kühner et H. C. Yen [3] sous le nom de *M. rufus*; ajoutons que ses spores uninucléées gonflent beaucoup pour donner des germinations informes et cénocytiques. Par contre, *M. molluscus* (Fr.) a des spores uninucléées qui ont refusé de germer; par bouturage à partir du carpophore nous avons obtenu un mycélium à dicaryons et à anses d'anastomose constantes, qui forme bientôt des sclérotes rosés, puis noirs et des faisceaux d'hyphes enrobés de résines simulant, à l'œil nu, des crins noirs. *Gyrophana pinastri* (Fr.) a des cultures binucléées bouclées. *Phlebia aurantiaca* (Sow.) a des spores uninucléées, des haplontes cénocytiques porteurs d'oïdiophores ramifiés libérant des oïdies uninucléées; le diplonte forme aussi des oïdies uninucléées portées, ici, par des filaments cénocytiques à boucles inconstantes ou, s'ils sont aériens, binucléés et bouclés.

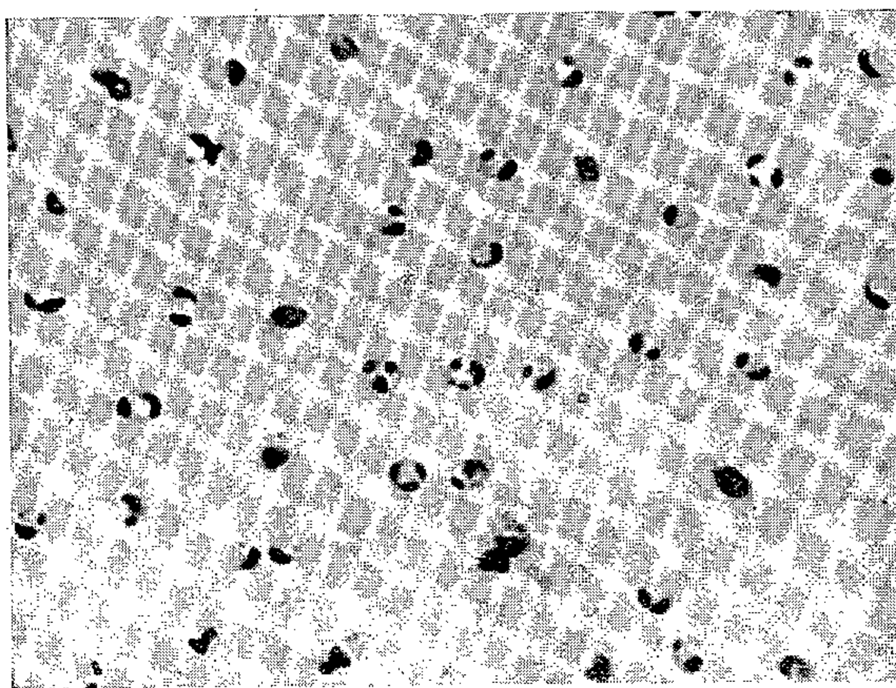
---

(3) *Bull. Soc. Mycol. de France*, 63, 1947, p. 159-168.

PÉDOLOGIE. — *Un nouveau germe fixateur de l'azote atmosphérique :* Azotobacter lacticogenes. Note de MM. **Jacques Kauffmann** et **Paul Toussaint**, présentée par M. Raoul Combes.

Isolement d'un nouvel *Azotobacter* se caractérisant par sa morphologie ; présence de granulations polaires, et par un certain nombre de particularités physiologiques : pH optimum peu élevé, fermentation lactique, rendement de fixation de l'azote du même ordre que celui de l'*A. chroococcum*.

Un nouveau germe fixateur d'azote atmosphérique a été isolé à partir d'un échantillon de terre provenant de Côte d'Ivoire (région d'Abidjan). Les isolements et les cultures ont été effectués sur le milieu salin de Winogradsky (¹) glucosé à 1 g % et additionné de carbonate de calcium à 0,2 g %. Ce germe se distingue nettement des *Azotobacter chroococcum, agilis* et *vinelandii* par un certain nombre de particularités morphologiques et physiologiques.



Azotobacter lacticogenes.
Gross. 2000. — Coloration à l'érythrosine.

C'est un coccus de 1 à 2 μ de diamètre, immobile, présentant des granulations mono- ou pluripolaires visibles à l'état frais. Ces granulations sont nettement mises en évidence par coloration à l'érythrosine. Cette caractéristique morphologique le différencie des autres *Azotobacter* qui, eux, ne possèdent pas de granulations polaires. Nous n'avons jamais mis en évidence de kystes dans nos milieux de culture.

Les colonies sont blanches, dures, plissées sur milieu au silico-gel ; blanches, bombées et lisses sur gélose. En vieillissant, les cultures prennent une teinte brun-rosé caractéristique.

(¹) *Ann. Inst. Pasteur*, 39, 1925, p. 229.

Cet *Azotobacter* est tué par une température de 56° maintenue pendant 5 mn. La température optimum se situe vers 28°-30°. Les températures limites de croissance sont de 20° et 33°.

Pour l'étude du pH nous avons utilisé des milieux où le carbonate de calcium a été remplacé par du chlorure de calcium à la même concentration (0,2 g %). Les milieux à différents pH ont été obtenus par addition de NaOH ou de SO_4H_2. Les mesures simultanées de la croissance (méthode opacimétrique) et du pH (méthode potentiométrique) en fonction de l'âge de la culture permettent de conclure que ce germe acidifie le milieu et que le pH optimum pour sa croissance se situe vers 5,5 : les taux élevés de croissance correspondent, en effet, à un pH voisin de cette valeur. [A noter que le pH optimum des *A. chroococcum* et *vinelandii* est voisin de 7,5 ([2])].

L'*Azotobacter lacticogenes* produit de l'acide lactique. [Les *Az. chroococcum* et *vinelandii* oxydent complètement le glucose en CO_2 ([2])].

Les substances carbonées utilisées sont : glucose, galactose, mannite, saccharose, maltose, xylose, arabinose, lactose, amidon soluble, ainsi que glycérine (très favorable) et alcool éthylique (peu favorable). Par contre, les benzoate, citrate, lactate, acétate et propionate de sodium ne sont pas utilisés, tandis qu'ils le sont par les *Az. chroococcum* et *vinelandii* ([2]).

Le rendement de fixation de l'azote (azote fixé en milligrammes pour 100 mg de glucose utilisé) a été de l'ordre de 0,5 dans un milieu glucosé à 1 g % et de 1,4 dans un milieu glucosé à 0,1 g %.

En conclusion, l'*Azotobacter lacticogenes* se caractérise surtout par sa morphologie particulière, son pH optimum voisin de 5,5, sa fermentation lactique et ses exigences pour l'utilisation des substances carbonées. Quant au rendement de fixation de l'azote dans un milieu riche en glucose, il est de l'ordre de celui que nous avons obtenu avec l'*Az. chroococcum* dans les mêmes conditions ([3]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Observations sur le mécanisme d'action de quelques antivitamines* K (*dicoumarol, phénylindanedione, diphtiocol*). Note (*) de M. **Jean Moraux**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dam et ses collaborateurs ([1]), ([2]), ([3]) ont montré récemment que des plasmas de poulets carencés en vitamine K ou dicoumarolés, plamas dont la

([2]) J. Pochon et Y. T. Tchan, *Précis de microbiologie du sol*, 1948, Masson, Paris.
([3]) J. Kauffmann, *Revue générale de Botanique*, 58, 1951.

(*) Séance du 6 août 1951.
([1]) H. Dam et E. Sondergaard, *Biochimico et Biophys. Acta*, 2, 1948, p. 409.
([2]) O. Sorbye, I. Kruse et H. Dam, *Acta Chem. Scand.*, 4, 1950, p. 549.
([3]) *Ibid.*, 4, 1950, p. 831.

vitesse de coagulation est notoirement diminuée, présentent, lorsqu'on les mélange, une vitesse de coagulation plus grande, toujours inférieure à celle d'un plasma normal, mais supérieure à celle du plasma coagulant le plus vite. Pour ces auteurs, les plasmas carencés en vitamine K ou dicoumarolés manquent tous deux de prothrombine, mais de plus, le plasma carencé en K manque d'un second composant (facteur δ) et le plasma dicoumarolé d'un troisième (facteur χ). Partant de ces données, nous avons, outre le dicoumarol, étudié dans des conditions semblables deux autres anticoagulants : la phénylindanedione et le diphtiocol (méthylène-*bis*-hydroxynaphtoquinone), signalés et préparés par Meunier, Mentzer et collaborateurs ([4]), ([5]). Les expériences ont été effectuées sur des poulets « Sussex » nourris dès la naissance en éleveuse et partagés en deux groupes : l'un recevant un régime normal, l'autre un régime carencé en vitamine K à base de caséine et levure de bière extraites à l'éther, riz broyé, mélange salin et huile de foie de morue. Après trois semaines, le sang est prélevé par décapitation, sur citrate et sur glace, centrifugé et décanté. Les produits sont administrés per os en suspension dans l'huile en deux fois (24 h puis 8 h avant l'expérience). Les mélanges de plasmas en proportions variables et la détermination de la vitesse de coagulation ont été effectués suivant la technique indiquée par Dam ([1]), technique voisine de celle du temps de prothrombine de Quick mais donnant des temps plus longs.

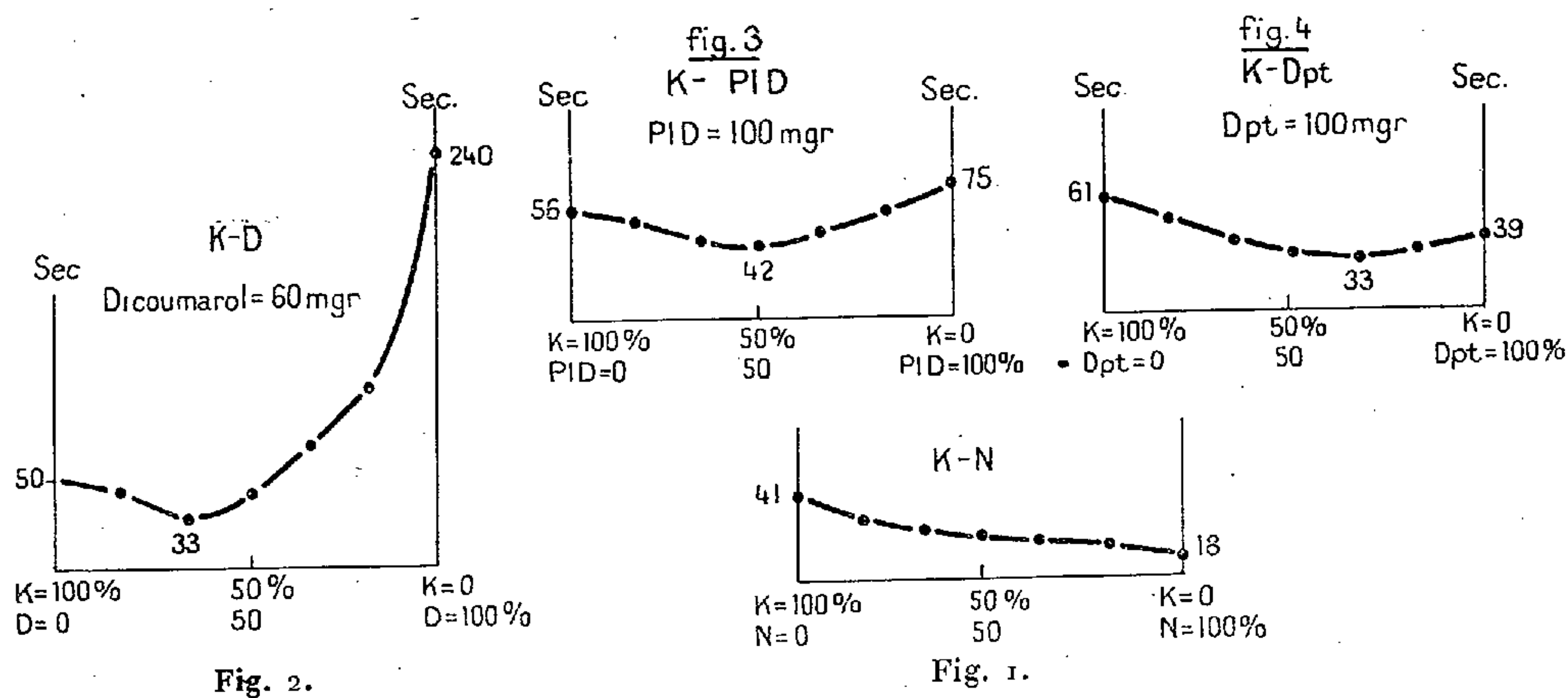


Fig. 2. Fig. 1.

Divers mélanges ont été effectués, en particulier ceux de plasma de poulets carencés en vit. K (K) avec successivement, du plasma de poulets normaux (N) (*fig.* 1), traités au dicoumarol (D) (*fig.* 2), à la phénylindanedione (P. I. D.) (*fig.* 3) et au diphtiocol (Dpt) (*fig.* 4). Dans le premier cas, la vitesse de

([4]) P. Meunier, C. Mentzer et D. Molho, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1666.

([5]) P. Meunier, C. Mentzer, Buu Hoï et Cagniant, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 25, 1943, p. 284.

coagulation varie régulièrement d'un plasma à l'autre. Au contraire, dans les trois autres cas, on obtient bien un raccourcissement du temps de coagulation, temps qui reste supérieur à celui du plasma normal (20 sec. environ), mais inférieur à celui du plasma coagulant le plus vite. On peut donc penser que la P. I. D. et le Dpt agissent comme le dicoumarol sur la prothrombine et en plus sur un autre facteur. Ce facteur est-il le même ou différent pour chacun des trois corps étudiés? La réponse peut être demandée au comportement des plasmas mélangés comme suit : plasma D + plasma P. I. D., plasma D + plasma Dpt, plasma P. I. D + plasma Dpt. En effet, si le facteur touché n'est pas le même, les courbes obtenues doivent ressembler aux précédentes (*fig.* 2, 3, 4); s'il est identique, les courbes sont continues, sans raccourcissement du temps de coagulation (*fig.* 1). Or, le raccourcissement n'apparaît plus dans aucun cas. On peut donc penser que, outre la prothrombine, un autre et même composant manque dans les trois plasmas. La P. I. D. et le Dpt. agiraient suivant le même mécanisme que le dicoumarol, mais plus faiblement.

Quant à l'identité du facteur touché, elle est actuellement très incertaine d'où la divergence des avis sur ce point (5), (6), (7), (8), (9), (10).

Quoi qu'il en soit, retenons le fait que 3 anticoagulants répondant à la notion d'antivitamine K de Meunier et Mentzer auraient un mécanisme d'action semblable. Ceci est particulièrement intéressant pour la P. I. D. dont les avantages cliniques sur le dicoumarol ont été déjà signalés à plusieurs reprises (7), (8), (11), (12).

BACTÉRIOLOGIE. — *Action de la cortisone vis-à-vis de l'infection expérimentale avec* Salmonella typhi *chez la Souris.* Note de MM. **Louis Chedid, Fernand Boyer** et Mlle **Micheline Saviard**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'action défavorable de la cortisone administrée au cours de diverses infections expérimentales a été signalée à plusieurs reprises. Cependant, cette hormone confère une protection nette à une partie des Souris inoculées avec des doses de *Salmonella Typhi* qui tuent 100% des témoins.

La sensibilité de l'animal à l'infection est augmentée par la surrénalectomie;

(6) B. Alexander, A. de Vriès, R. Goldstein et G. Landwehr, *Science*, **109**, 1949, p. 545.
(7) L. B. Jacques, E. Taylor et E. Lepp, *Feder Proceed.*, 1949, p. 81.
(8) C.J. Bjerkelund, *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, **2**, 1950, p. 83.
(9) J. L. Fahey, J. H. Olwin et A. G. Ware, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **69**, 1948, p. 491.
(10) K. Félix, I. Pendl, P. Pin et L. Roka, *Z. Physiol. Chem.*, **284**, 1949, p. 185.
(11) J. P. Soulier et J. Gueguen, *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 1007.
(12) J. J. Simon, Thèse médecine, Paris, 1950.

la greffe de cette glande ou l'injection d'extraits corticaux retablit une résistance normale ([1]).

Les effets de la cortisone et de l'hormone corticotrope (ACTH) administrées au cours de la maladie, sont très controversés en clinique. Par contre, il a été établi expérimentalement que ces hormones, loin de s'opposer à l'infection, semblent, au contraire, la favoriser. Vis-à-vis de la toxine de *Salmonella Typhi*, Jackson et Smadel ([2]) n'ont remarqué aucun changement. Cependant une augmentation de la virulence a été mise en évidence pour divers germes : *Streptocoques* ([3]), *Pneumocoques* ([4]), *Bacilles tuberculeux* ([5]), *Rickettsies* ([6]), ainsi que pour certains virus : *Poliomyélite* ([7]) et *Influenza* ([6]).

De plus, *in vitro*, la cortisone se comporte comme facteur de croissance pour quelques virus ([8]). Cette exaltation de la virulence s'expliquerait par une paralysie de la réaction inflammatoire ([9]), ce qui provoquerait des maladies à symptomatologie silencieuse, mais dont la gravité est accrue.

Dans nos expériences, nous avons étudié l'action de la cortisone dans l'infection à *Salmonella Typhi* (souche Ty2). Pour obtenir la mort en 24 h de 100 % des témoins, nous avons dû injecter aux Souris 0,25 cm³ par voie intrapéritonéale, ou 1 cm³, par voie sous-cutanée, d'une culture en bouillon ordinaire à la 16ᵉ heure. On peut augmenter la virulence de ce germe en l'injectant par voie intrapéritonéale mélangé à de la mucine. Dans ces conditions, il tue la Souris au milliardième de centimètre cube.

Les Souris utilisées pèsent de 18 à 25 g. Elles sont divisées en plusieurs lots. Certaines sont infectées par voie intrapéritonéale avec des doses variant du 1/100 000 à 1 cm³ de culture. D'autres reçoivent 1 cm³ de culture par voie sous-cutanée. Un dernier groupe reçoit par voie intrapéritonéale 0,2 cm³ d'endotoxine de Boivin.

Les animaux traités reçoivent, par voie sous-cutanée, des doses variables de cortisone (Cortone, Merck) diluée dans de l'eau bidistillée.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

---

(1) Perla et Marmorston, *Natural Resistance and Clinical Medecine* Little, Brown et Cie, Boston, 1941, p. 475.

(2) *Bacteriol. Proceed.*, p. 92.

(3) Mogabgab et Thomas, *Journ. Lab. et Clinic. Med.*, 36, 1950, p. 968.

(4) Kass, Ingbar et Finland, *Journ. Lab. et Clinic. Med.*, 37, 1951, p. 780.

(5) Solotorovsky, Gregory et Stoerk, *Proc. Soc. Ex. Biol. et Med.*, 76, 1951, p. 286.

(6) Kass, Neva et Finland, *Proc. Soc. Ex. Biol. et Med.*, 76, 1951, p. 561.

(7) Schwartzmann, *Proc. Soc. Ex. Biol. et Med.*, 75, 1950, p. 835.

(8) Kilbourne et Horsfall, *Proc. Soc. Ex. Biol. et Med.*, 76, 1951, p. 116.

(9) Michael et Whorton, *Proc. Soc. Ex. Biol. et Med.*, 76, 1951, p. 754.

	Infection. Germe dilué dans	Voie d'inoculation.	Dose.	Cortisone.	Nombre d'animaux.	Nombre d'animaux survivants. 1er jour. 9 h.	24 h.	2me jour.	4me jour.	8me jour
Témoins...	Mucine	Intra-péritonéale	10^{-5}	–	10	1	0	0	0	0
Témoins...	Tyrode	»	10^{-5}	–	10	10	10	10	10	10
Traités	»	»	10^{-5}	2 mg 18 h avant + 1 mg 1 h avant	10	10	10	10	10	10
Témoins...	»	»	10^{-1}	–	10	10	5	4	4	4
Traités	»	»	10^{-1}	2 mg 18 h avant + 2 mg 1 h avant	10	10	8	8	8	7
Témoins...	Pas dilué	»	1/4 cm³	–	10	3	1	1	1	1
Traités	»	»	1/4 cm³	2 mg 1 h avant	10	9	8	7	7	6
Témoins...	»	»	1 cm³	–	10	5	0	0	0	0
Traités	»	»	1 cm³	2,5 mg 18 h avant +2,5 mg 1 h avant	10	10	0	0	0	0
Témoins...	»	Sous-cutanée	1 cm³	–	10	8	2	0	0	0
Traités	»	»	1 cm³	2,5 mg 18 h avant +2,5 mg 1 h avant (1)	10	10	5	4	4	3
Témoins...	Antigène glucido-lipidique (0,2 cm³ intrapéritonéale)			–	8	5	2	2	2	0
Traités	–			2,5 mg 18 h avant +2,5 mg 1 h avant	10	10	7	7	6	5

(1) Dans d'autres expériences, nous avons administré dans les mêmes conditions des doses variant de 3 à 1 mg (au lieu de 5 mg) et nous avons obtenu des résultats analogues.

De l'examen de ce tableau, il ressort :

1° La cortisone n'augmente pas la virulence de *Salmonella Typhi*.

2° Aux doses utilisées, la cortisone protège la Souris contre cette infection. Il semble que le mécanisme d'action ne consiste pas uniquement à s'opposer à la diffusion du germe puisque la protection se manifeste même lorsqu'il est injecté par voie intrapéritonéale.

3° La cortisone a une action antitoxique vis-à-vis de l'antigène O, aux doses que nous avons utilisées.

En conclusion, plusieurs auteurs ont signalé l'action défavorable de la cortisone vis-à-vis de l'infection par différents germes et virus. Nous avons constaté que dans le cas du bacille d'Eberth, au contraire, cette hormone protège la Souris infectée. Le mécanisme de cette action reste à élucider : plusieurs facteurs doivent entrer en jeu.

La séance est levée à 15 h 45 mn.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 18 juin 1951.)

Note présentée le 11 juin 1951, de MM. *Pierre Vignais*, *Emanoil Barbu*, *Jacques Basset* et *Michel Machebœuf*, Modifications de l'état des acides ribonucléiques sous hautes pressions en présence ou en absence de nucléodépolymérase :

Page 2366, dans la figure, *au lieu de* Témoin, *lire* Pressé et *au lieu de* Pressé, *lire* Témoin.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er OCTOBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE. — *L'équilibre élastoplastique dans le temps.* (IV). Note (*) de M. **GUSTAVO COLONNETTI**.

Ce n'est pas seulement dans le cas très particulier des corps homogènes et isotropes ([1]) que la théorie des déformations élastoplastiques variables avec le temps, aboutit à des résultats remarquables.

Voilà des résultats très importants qui se rapportent au cas le plus général des corps hétérogènes.

Ces corps sont, par définition, caractérisés par la coexistence d'éléments doués de coefficients de fluage différents. On peut alors affirmer d'une manière générale que les déformations plastiques qui se vérifieront dans le temps sous l'action prolongée d'un système quelconque de forces extérieures, donneront naissance à des états de coaction.

Les éléments à coefficients de fluage plus grand (et donc plastiquement plus déformables) trouveront en effet un obstacle à leur déformation plastique dans la présence des éléments contigus dont le coefficient de fluage est moindre; ils agiront par conséquent sur ceux-ci dans le sens de les entraîner à se déformer eux aussi, ce qu'ils ne pourront d'ailleurs faire qu'en se déformant élastiquement. D'où une réaction des éléments entraînés sur ceux qui se sont déformés plastiquement et qui devront à leur tour subir une déformation élastique de sens contraire à la déformation plastique.

Le travail dépensé pour produire cette déformation plastique ne sera donc plus entièrement perdu (c'est-à-dire transformé en chaleur à travers les frottements intérieurs); une partie plus ou moins considérable de ce travail se transformera en énergie élastique, et restera dans le corps à l'état potentiel, prête à se dégager et à déterminer des phénomènes nouveaux dès que les circonstances le permettront.

Supposons en effet que les forces extérieures, sous l'action desquelles les

(*) Séance du 17 septembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 677.

déformations plastiques ont pris naissance et se sont peu à peu accrues, cessent à un certain instant d'agir sur le corps.

A partir de cet instant ce sont seulement les états de coaction qui continueront à subsister, et c'est en relation avec ces états de coaction qu'il faut envisager la naissance de déformations plastiques ultérieures.

Celles-ci devront croître proportionnellement aux déformations élastiques présentes; elles auront donc le même sens que celles-ci, et le sens contraire des déformations plastiques qui ont été dominantes dans la première phase du phénomène, et auxquelles elles vont se superposer.

Nous nous trouverons donc en présence d'une disparition, au moins partielle, des déformations que nous avions classées comme *plastiques*, c'est-à-dire destinées à survivre aux causes qui les avaient déterminées.

Sous l'influence de la « plasticité successive » le corps se comporte comme s'il était doué d'une « élasticité différée ».

Ce résultat est très important, parce qu'il nous donne l'explication d'un phénomène observé depuis longtemps, et qui n'avait jamais pu trouver sa place dans le cadre de la théorie classique.

C'est en effet en 1835, c'est-à-dire il y a plus d'un siècle, que W. Weber, au cours de certains essais sur la déformabilité des fils de soie, avait constaté que, sous l'action d'un poids même très petit, l'allongement immédiat est suivi d'un allongement ultérieur qui va lentement en augmentant pendant des heures. Si le poids cesse d'agir, le fil subit un raccourcissement immédiat suivi à son tour d'un raccourcissement successif qui peut se prolonger pendant des jours, et qui tend, avec le temps, à lui faire retrouver sa longueur initiale.

Le phénomène, auquel Weber avait donné le nom de « elastische Nachwirkung », a été ensuite l'objet d'études de la part d'un grand nombre de physiciens.

Ses lois sont aujourd'hui bien connues. Mais sa liaison avec l'hétérogénéité des matériaux a été mise en évidence seulement dans ces derniers temps : du point de vue expérimental par Masing et Heyn qui opéraient sur des fils métalliques de différentes structures cristallines (2) et plus récemment par T'ing-Sui-Ké (3) : du point de vue théorique par Levi (4) qui s'est, dans ce but, très adroitement servi du même raisonnement qui m'avait conduit, en 1938, à voir dans l'hétérogénéité des matériaux la cause de tout cet ensemble de phénomènes qui se présente sous le nom d'écrouissage et qui se rattache étroitement à celle que nous avons l'habitude d'appeler l'hystérésis élastique (5).

---

(2) E. Heyn, *Testband Kaiser Wilhelm Institute*, 1921, p. 131; D. Masing, *Wiss. Siemens Konzern*, 1924-1926.

(3) *Phys. Review*, n° 8, 1947.

(4) *Fluage, plasticité, précontrainte*, Paris, 1951.

(5) *Pontificia Academia Scientiarum*, Commentationes, 1938.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation et la décomposition des corps nitrés.* Note (*) de MM. **Hans von Euler** et **Hans Hasselquist**.

Par les travaux fondamentaux de C. K. Ingold ([1]) l'hypothèse fut prouvée, que la nitration du benzène s'effectue par l'intervention ([2]) des ions NO_2^+. On peut décrire l'effet nommé comme suit : par la présence des acides forts (acide sulfurique, perchlorhydrique ou disulfurique) la dissociation électrolytique de l'acide nitrique en H^+ et NO_3^- est diminuée et la dissociation en HO^- et NO_2^+ est augmentée. Plus tard ([3]) il fut établi que la nitration des autres types de molécules s'effectue aussi sous des conditions dans lesquelles les ions NO_2^+ (ions nitroniums) sont actifs.

Parmi ces substances de la série aliphatique nous signalons les amides guanidine, l'urée et l'uréthane ([4]).

En ce qui concerne le processus de la nitration du groupement carbaminique ([5]), on trouve des analogies dans la série aromatique. Comme il ressort des recherches de Bradfield et Orton ([6]) lors de la réaction de l'acide nitrique sur l'aniline celui-ci réagit d'abord sur le groupe amino avec formation d'un nitramide et se rend ensuite au noyau benzénique où il y a substitution.

Dans le système acide sulfurique-acide nitrique le noyau benzénique ainsi que d'autres noyaux aromatiques et hétérocycliques sont activés, probablement avec formation d'un biradical.

Remarques sur la phosphatation et l'ion phosphonium. — Comme on le sait, tous les essais ayant pour but la phosphatation du noyau benzénique selon une méthode analogue à la nitratation ont échoué.

P et N ont le même nombre d'électrons de valence, mais leur répartition sur le niveau énergétique est différent. P ne tend pas à compléter sa couche électronique et n'abandonne pas de charge élémentaire pour former PO_2. En ce qui concerne l'acide nitrique, l'abondance de protons due à la forte acidité du milieu renforce la liaison entre O et H, et affaiblit la liaison $HO-NO_2$; ceci n'est par contre pas le cas chez HPO_3. [Méthode indirecte ([7]).]

(*) Séance du 24 septembre 1951.

([1]) C. K. Ingold et al., *J. Chem. Soc.*, 1938, p. 929; 1950, p. 2400, 2441, 2452, 2467, 2559, 2628, 2657, 2678.

([2]) Euler, *Lieb. Ann.*, **330**, 1903, p. 280; *Z. angew. Chem.*, 35, 1922, p. 580. Cette hypothèse fut reprise plus tard par W. Ostwald, *Grundriss en der theor. Chem.*, **4**, Au fl., 1950, p. 490.

([3]) Euler, *Kemiska Arbeten, Ny följd B.*, **14**, n° 3, 1951.

([4]) A. P. N. Franchimont, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, **2**, 1883, p. 94.

([5]) J. Thiele, *Lieb. Ann.*, **270**, 1892, p. 1.

([6]) *J. Chem. Soc.*, 1929, p. 915.

([7]) *Voir* A. Michaelis, *Lieb. Ann.*. **181**, 1876, p. 265.

Décomposition des composés nitrés. — Le nitramide fonctionne comme acide faible avec la constante de dissociation $K = 2\text{-}3.10^{-7}$. D'après Thiele ([8]) le produit final de la décomposition alcaline du nitramide est N_2O; il suppose comme première phase de réaction la formation de l'acide imidonitrique, $HN = NO.OH$.

La vitesse de la décomposition du nitramide en milieu acide est relativement petite (*fig.* 1 et 2). En milieu alcalin cette vitesse est déterminée par la présence des ions $^{-}ON.NOH$ et, en alcalinités plus élevées ($pH > 9$), par la présence des ions $^{-}ON.NO^{-}$, dont la réactivité spécifique est très grande.

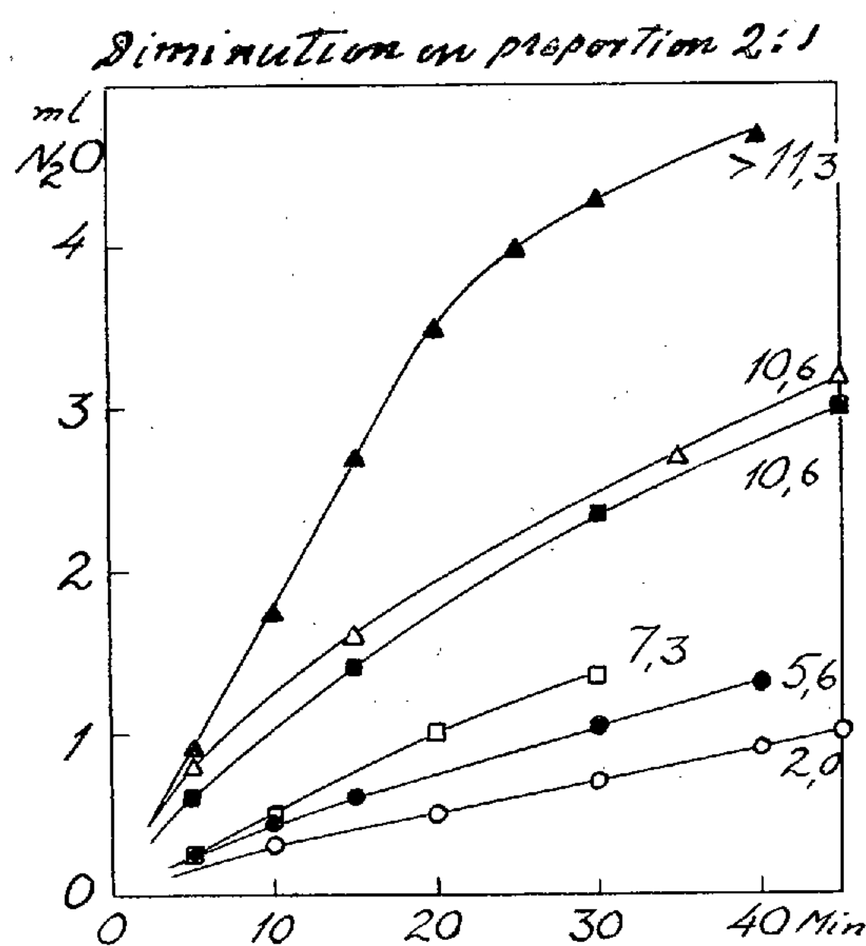


Fig. 1. — Les nombres indiquent le pH du milieu.

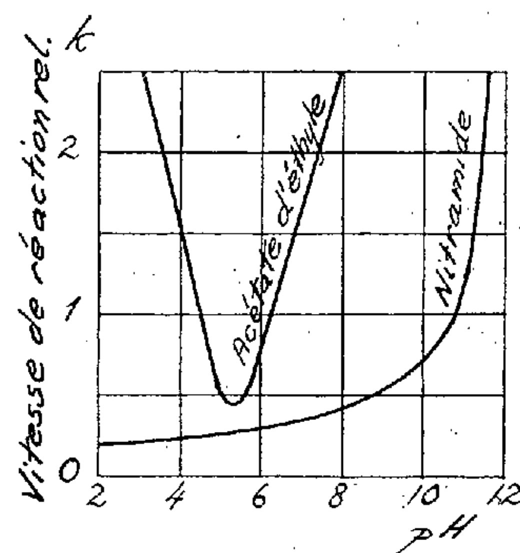


Fig. 2.

L'influence du pH sur la vitesse de réaction est bien différente pour la décomposition du nitramide ([9]) et pour l'hydrolyse des esters, par exemple de l'acétate d'éthyle, représentées par les courbes de la figure 2.

Dans nos expériences, exécutées à 25° pour déterminer la vitesse de décomposition du nitramide en fonction du pH, nous avons suivi volumétriquement le dégagement de N_2O d'une solution de nitramide.

On trouve nos résultats dans la figure 1. La figure 2 montre la croissance de la vitesse de réaction à partir de pH 9.

([8]) Thiele et Lachmann, *Ber. deusch. Chem. Ges.*, **27**, 1894, p. 1519; *Lieb. Ann.*, **181**, 1895, p. 267.

([9]) J. N. Brönsted a publié une étude théorique sur ce sujet. Nous citons ici seulement la suite de ses travaux expérimentaux : *Z. physik. Chem.*, **108**, 1924, p. 185; **117**, 1925, p. 299.

Dans *les corps nitrés aromatiques*, le groupe NO_2 se dégage du noyau benzénique comme cation. Il est bien connu que la stabilité de ces corps est assez grande, sauf lorsqu'il s'agit des noyaux multisubstitués, où le groupe NO_2 quitte plus facilement le noyau benzénique. En solution NaOH 1 *n* à 100° le *o*-dinitrobenzène dégage, par exemple pendant 4 h, presque complètement l'un de ses deux groupes NO_2.

DÉSIGNATIONS.

M. **Albert Pérard** est désigné pour représenter l'Académie dans la Commission chargée d'examiner la question de la hauteur du diapason.

MM. **Arnaud Denjoy** et **Louis Hackspill** sont désignés pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu le 20 octobre à Tarbes, en l'honneur du centième anniversaire de la naissance du **Maréchal Foch**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Homenaje del Panamericanismo medico a la memoria del Dr Luis Razetti, gloria de la medicina social contemporanea.*

2° *Memoirs of the Hyogo prefectural University of Agriculture* (Sasayama, Japon), vol. I, nos 1, 2.

3° *Acta biologica Academiæ Scientiarum Hungaricæ*, Tomus I, fasc. 1-4.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une formule générale opératoire dans le calcul symbolique.* Note de M. **Ion Carstoiu**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'examen attentif d'une formule curieuse donnée récemment par M. Pierre Humbert (1) nous a conduit à la découverte d'une formule opératoire très générale, simple et pleine de conséquences. Nous renvoyons pour les notations utilisées et quelques résultats au Formulaire (2) et Supplément au Formulaire pour le calcul symbolique (3). Ce travail, résumé, sera développé et publié quelque part ailleurs.

---

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1397.
(2) N. W. Mc Lachlan et P. Humbert, *Mém. Sc. Math.*, **100**, 2e édition, 1950.
(3) N. W. Mc Lachlan, P. Humbert et L. Poli, *Mém. Sc. Math.*, **113**, 1950.

1. Soit

$$\varphi(p) \subset f(t) \qquad \text{et} \qquad \chi(p)[\psi(p)]^{-s} \subset g(t, s) \qquad (s \geqq 0).$$

On peut, très facilement, montrer alors que

$$(1) \qquad \boxed{\chi(p)\frac{\varphi[\log\psi(p)]}{\log\psi(p)} \subset \int_0^\infty g(t, s) f(s)\, ds,}$$

pourvu que l'intégrale du second membre existe. En prenant

$$\chi(p) = \frac{p}{\sqrt{p^2+1}}, \qquad \psi(p) = p + \sqrt{p^2+1},$$

on obtient aussitôt la formule de M. Humbert. Plus généralement, on a

$$(2) \qquad \boxed{\chi(p)[\psi(p)]^{-h}\frac{\varphi[\log\psi(p)]}{\log\psi(p)} \subset \int_0^\infty g(t, s) f(s-h)\, ds} \qquad (t > h),$$

qui conduit immédiatement, par exemple, au résultat curieux

$$\int_0^\infty \mathrm{J}_s(t)\,\delta(s-h)\,ds = \mathrm{J}_h(t) \qquad [\delta(t) \text{ étant la } \textit{mesure} \text{ de Dirac}].$$

Une formule analogue à (1) a déjà été envisagée par M. N. W. Mc Lachlan (4) aussi bien que par M. Maurice Parodi (5). Mais la forme nouvelle (1) nous paraît extrêmement puissante, comme nous allons le montrer par la suite.

2. Nous allons voir que, par exemple, toutes les « *transformations du second groupe* » données dans les « *Formulaires* » (6) sont des cas particulier de la formule (1). C'est bien curieux. Évidemment, nous ne pouvons donner ici que quelques unes de ces transformations.

a. Prenons

$$\psi(p) = e^{\frac{1}{p}}, \qquad \chi(p) = p^{-\nu}, \qquad \left(\mathrm{R}\nu > -\frac{1}{2}\right);$$

on a

$$\chi(p)[\psi(p)]^{-s} = p^{-\nu}e^{-\frac{s}{p}} \subset s^{-\frac{\nu}{2}}t^{\frac{\nu}{2}}\mathrm{J}_\nu(2\sqrt{st});$$

d'où

$$p^{1-\nu}\varphi\left(\frac{1}{p}\right) \subset t^{\frac{\nu}{2}}\int_0^\infty s^{-\frac{\nu}{2}}\mathrm{J}_\nu(2\sqrt{st}) f(s)\, ds.$$

b. Prenons

$$\psi(p) = p, \qquad \chi(p) = 1,$$

(4) *Modern Operational Calculus*, Macmillan, London, 1949, p. 43. *Voir* aussi *loc. cit.* (3), p. 12.

(5) *Bull. Sc. Math.*, 2e série, **72**, 1948, p. 66.

(6) *Voir* par ex. *loc. cit.* (3), p. 16.

on aura

$$\frac{\varphi(\log p)}{\log p} \subset \int_0^\infty \frac{t^s}{\Gamma(s+1)} f(s)\, ds.$$

c. Enfin, prenons

$$\psi(p) = p, \qquad \chi(p) = \frac{1}{\log p};$$

on aura

$$\frac{\varphi(\log p)}{\log^2 p} \subset \int_0^\infty \nu(t, s) f(s)\, ds.$$

On peut continuer évidemment ainsi *ad libitum*.

3. Finissons cette Note en remarquant qu'on peut établir une formule analogue à (1), mais opérant cette fois-ci sur l'original $f(t)$. Soit

$$f(t) \supset \varphi(p) \qquad \text{et} \qquad h(t)[f_1(t)]^u \supset \xi(p, u) \qquad (\mathrm{R}\, u > 0).$$

On a

$$(3) \qquad \boxed{h(t) f[\log f_1(t)] \supset \frac{1}{2\pi i} \int_{\mathrm{Br}_1} \xi(p, u) \frac{\varphi(u)}{u}\, du,}$$

à condition que l'intégrale du second membre ait un sens.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE GLOBALE. — *Sur les variétés symplectiques.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Joseph Pérès.

Les démonstrations des énoncés donnés par M. Guggenheimer révélant des difficultés insurmontables [1], on se propose ici d'étudier des cas simples où certaines propriétés des variétés kählériennes se laissent partiellement généraliser.

1. Considérons une *variété symplectique* de dimension $2n$, c'est-à-dire une variété différentiable (de classe C^4) de dimension $2n$, admettant une forme quadratique extérieure fermée F (de classe C^3) partout de rang $2n$. Étant donné sur cette variété, une métrique riemannienne (g_{ij}) de classe C^3, il est toujours possible de la modifier [2] de façon que

$$(1) \qquad F_i{}^r F_{jr} = g_{ij} \qquad (i, j, r \text{ et tout indice latin} = 1, 2, \ldots, 2n).$$

Lorsqu'il en est ainsi, la variété considérée est munie d'une structure de *variété presque kählérienne* V_{2n} subordonnée à sa structure symplectique [3].

(1) Guggenheimer, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 470 et *Variétés symplectiques, coll. Top. Alg. Strasbourg*, 1951 (polycopié).

(2) *Voir* par exemple Lichnerowicz, *Coll. int. Géom. diff. Louvain*, 1951 (sous presse).

(3) Ehresmann, *Sur les variétés presque complexes* (*Séminaire Bourbaki*, décembre 1950) et *Proc. Cong. Int. Math.*, 1950 (sous presse).

Au voisinage de tout point de V_{2n}, il est possible de trouver $2n$ formes locales $(\theta^\alpha, \theta^{\alpha*} = \bar{\theta}^\alpha)$ ([4]), à coefficients complexes de façon que

$$ds^2 = 2\sum_\alpha \theta^\alpha \theta^{\alpha*}, \tag{2a}$$

$$F = i\sum_\alpha \theta^\alpha \wedge \theta^{\alpha*}. \tag{2b}$$

Le repère correspondant sera dit un repère *adapté* (à la structure presque kählerienne). J'appelle variété *localement kählérienne* toute variété admettant une métrique riemannienne pour laquelle la forme F est à dérivée covariante nulle; il en est alors encore ainsi pour la métrique modifiée satisfaisant à (1). Le théorème classique de Whitney ne permet pas de réduire les variétés localement kählériennes aux variétés kählériennes. Cependant, j'ai établi antérieurement ([5]) que les variétés localement kählériennes compactes (à forme et métrique non analytiques) jouissent des propriétés homologiques classiques des variétés kählériennes. Le théorème suivant est facile à vérifier.

THÉORÈME. — *Pour que la structure presque kählérienne de* V_{2n} *définisse une structure localement kählérienne, il faut et il suffit que le n-champ* $\theta^\alpha = 0$ *soit localement complètement intégrable, ou, d'une manière équivalente, que le scalaire de courbure défini, dans un repère adapté, par* $R_{\alpha\beta,}{}^{\alpha\beta}$ *soit nul* ([6]).

Une forme définie sur V_{2n} est dite *propre* si, dans son expression locale pour un repère adapté, les termes différents de zéro sont tous de même parité par rapport aux θ^α; le n-champ $\theta^\alpha = 0$ ayant un sens invariant, il en est de même de cette notion. Toute forme φ est décomposable en somme directe de deux formes propres φ' et φ'' de parités différentes.

2. Introduisons sur une forme φ de degré p les opérateurs classiques $\star$, d, $\delta = -\star d \star$, L, $\Lambda = (-1)^p \star L \star$ ([7]) ainsi que l'opérateur I permutable avec $\star$, L et Λ.

$$(I\varphi)_{j_1 \ldots j_p} = F^{i_1}{}_{j_1} \ldots F^{i_p}{}_{j_p} \varphi_{i_1 \ldots i_p} \qquad [I^2 = (-1)^p]$$

L'opérateur I transforme toute forme propre en une forme proportionnelle. Nous poserons de plus $\bar{d} = I^{-1} dI$, $\bar{\delta} = I^{-1}\delta I$. Un calcul local simple donne

$$\delta L^h - L^h \delta = h L^{h-1} \bar{d}; \tag{3a}$$

$$d\Lambda^h - \Lambda^h d = -h\Lambda^{h-1}\bar{\delta}. \tag{3b}$$

Nous n'envisagerons dans la suite que des formes de degré $p \leqq n$ à coeffi-

([4]) α et tout indice grec $= 1, 2, \ldots, n$.
([5]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1413.
([6]) $R_{ij,kl}$ désigne ici le tenseur de courbure associé à la mécanique *riemannienne* (2a).
([7]) *Voir* ANDRÉ WEIL, *Comm. Math. Helv.*, **20**, 1947, p. 110-116.

cients réels ou complexes; une telle forme est harmonique si $d\varphi = \delta\varphi = 0$. La forme F est harmonique ainsi que toutes ses puissances. Des formules (3) résulte immédiatement que si ψ est de classe o, $\delta\psi$ l'est aussi et $d\psi$ est somme de deux formes de classe o et 1 ; par suite $\delta L^h\psi$ est somme de deux formes de classes $h-1$ et h (8). Si φ est telle que φ et $I\varphi$ soient harmoniques, $L^h\varphi$ et $\Lambda^h\varphi$ le sont aussi d'après (3). On en déduit :

THÉORÈME. — *Pour qu'une forme φ soit telle que φ et $I\varphi$ soient harmoniques, il faut et il suffit qu'elle puisse se construire à partir des formes propres, fermées, de classe* o, *par multiplication par* L *et addition.*

De (3 b), appliquée pour $h = 1$, résulte que toute forme propre, fermée, de classe o est harmonique. Il en résulte que toute forme φ construite à partir de formes propres, fermées, de classes o par multiplication par L et addition est telle que φ et $I\varphi$ soient harmoniques. Inversement soit $\varphi = \Sigma L^h\psi_h$ la décomposition d'une forme φ selon les classes définies par L, q la plus grande valeur de h. Si φ et $I\varphi$ sont harmoniques, de (3 b) appliquée à φ pour $q = h$, résulte $d\psi_q = 0$; de la même formule appliquée à $I\varphi$ résulte $\bar{d}\psi_q = 0$. Par suite $\psi_q = \psi'_q + \psi''_b$, où ψ'_q et ψ''_q sont propres, fermées, de classe o. Le même résultat s'étend de proche en proche aux différents ψ_h.

Dans le cas compact, les applications à la cohomologie à coefficients réels de ce théorème sont immédiates. Par exemple si p est impair on a

$$b_p \geqq 2c_1 + 2c_3 + \ldots + 2c_p,$$

où c_p désigne le nombre de formes fermées, de classe o, propres et de parité déterminée, linéairement indépendantes au sens complexe.

3. Supposons que sur V_{2n} compacte, il existe une forme à dérivée covariante nulle Φ, dont on peut toujours supposer le degré inférieur à n. Une telle forme définie sur V_{2n} correspond à une forme extérieure invariante par le groupe d'homologie homogène de l'espace. J'ai établi antérieurement (9) que *le produit de toute forme harmonique par une forme à dérivée covariante nulle est harmonique*. Il en résulte que $L\Phi$ et $\Lambda\Phi$, et par suite $I\Phi$ sont harmoniques. En appliquant à Φ le théorème du paragraphe 2, on met en évidence l'existence de formes propres fermées de classe o.

THÉORÈME. — *S'il existe, sur une variété presque kählérienne compacte, une forme à dérivée covariante nulle (autre que la forme élément de volume), l'ensemble* P *des formes propres, fermées, de classe* o, *est non vide.*

---

(8) Ces résultats et le principe des formules (3) sont dus à M. Guggenheimer, l'opérateur I n'étant d'ailleurs pas identique à son opérateur C, mais généralisant un opérateur de Weil.

(9) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 146 et 677.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Évaluation stochastique de l'erreur dans les formules d'intégration numérique.* Note (*) de M. **Charles Blanc**, présentée par M. Gaston Julia.

Étude de la distribution de l'erreur, dans une quadrature approchée, pour la famille de fonctions constituée par les translatées d'une fonction donnée. La variance de l'erreur s'exprime toujours au moyen de la fonction d'autocorrélation de la fonction donnée, ce qui permet de comparer entre elles les diverses formules de quadrature numérique.

1. Dans une Note précédente ([1]) on a montré que l'on peut envisager d'un point de vue stochastique l'évaluation de l'erreur dans certaines formules de calcul approché : au lieu de chercher une borne de l'erreur pour un certain ensemble de données, on étudie la répartition statistique de cette erreur, en partant d'une répartition statistique des données.

Il est en particulier possible de procéder ainsi pour les formules de quadrature numérique. Prenons pour ensemble de fonctions les translatées $f(t+x)$ d'une fonction réelle, intégrable et bornée $f(t)$, et désignons par moyenne d'une fonction $g(x)$ la limite

$$m[g(x)] = \lim_{X \to \infty} \frac{1}{2X} \int_{-X}^{X} g(x)\, dx\,;$$

on suppose que :

1° $m[f(x)] = 0$;

2° $r(h) = m[f(x) f(x+h)]$ existe pour tout h (fonction d'autocorrélation);

3° $r(h)$ est continue pour $h = 0$, et l'on pose $r(0) = \sigma^2$.

Alors, si $\varphi(t)$ est une fonction bornée, définie pour $0 < t < a$, on a, en posant

$$g(x) = \int_0^a \varphi(t) f(t+x)\, dt,$$

$$m[g(x)] = 0,$$

$$m[g(x) f(x+h)] = \int_0^a \varphi(t)\, r(|h-t|)\, dt,$$

$$m[g^2(x)] = 2\int_0^a r(h)\, dh \int_0^{a-h} \varphi(u)\, \varphi(u+h)\, du.$$

2. Cela étant, il est possible d'évaluer la moyenne et la variance de l'erreur dans les formules de quadrature approchée. Prenons, par exemple, la formule de Simpson, pour une paire d'intervalles $(0, a)$ et $(a, 2a)$. Posons

$$g(x) = \int_0^{2a} f(t+x)\, dt - \frac{a}{3}[f(x) + 4f(x+a) + f(x+2a)];$$

(*) Séance du 10 septembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 683.

quelques calculs élémentaires donnent

$$m[g(x)] = 0,$$

$$m[g^2(x)] = \frac{2}{3}\int_0^{2a}(4a-3t)\,r(t)\,dt - \frac{16}{3}a\int_0^a r(t)\,dt$$
$$+\frac{a^2}{9}[18\sigma^2+16\,r(a)+2\,r(2a)].$$

Si $r(h)$ possède pour $h>0$ le développement asymptotique

$$r(h) \sim \sigma^2(1+\alpha_1 h+\alpha_2 h^2+\ldots),$$

on a

$$m[g^2(x)] \sim \sigma^2\left(-\frac{4}{9}\alpha_1 a^3+\frac{4}{45}\alpha_3 a^5+\ldots\right);$$

le premier terme de degré pair étant de l'ordre de a^{10}.

Pour quatre intervalles, on aurait, avec la formule de Simpson,

$$m[g^2(x)] \sim \sigma^2\left(-\frac{8}{9}\alpha_1 a^3+\frac{8}{45}\alpha_3 a^5+\ldots\right),$$

alors que la formule de Newton-Cotes donnerait

$$m[g^2(x)] \sim \sigma^2\left(-\frac{416}{405}\alpha_1 a^3+\frac{512}{2025}\alpha_3 a^5+\ldots\right);$$

si l'on a $\alpha_1=0$, $\alpha_3\neq 0$ [ce qui a lieu lorsque les discontinuités de $f(x)$ sont assez rares et celles de $f'(x)$ assez nombreuses], on constate que la variance de l'erreur est plus grande avec la formule de Newton-Cotes qu'avec celle de Simpson : cela confirme une remarque qu'ont faite fréquemment les calculateurs, et qui semblait en contradiction avec les évaluations de l'erreur que l'on fait d'ordinaire.

3. On peut se proposer de chercher la meilleure formule de quadrature pour un certain ensemble de fonctions. Pour nous, ce sera celle qui rend minimum la variance de l'erreur.

Ainsi, on pourrait chercher la valeur de θ qui rend minimum la variance de

$$g(x)=\int_0^a f(t+x)\,dt-\frac{a}{2}[f(x+\theta a)+f(x+\theta' a)],$$

avec $0<\theta<1/2$, $\theta+\theta'=1$, la fonction $r(h)$ ayant un développement asymptotique avec $\alpha_1=0$. On a alors

$$m[g^2(x)] \sim \sigma^2\left[\left(\frac{1}{10}-\theta+3\theta^2-2\theta^3-\theta^4\right)\alpha_3 a^5+\ldots\right],$$

d'où, en prenant le minimum de la parenthèse ( ), $\theta=0{,}201\,964$, et, pour cette valeur de θ,

$$m[g^2(x)] \sim 0{,}0022647\ldots\,\sigma^2\alpha_3 a^5+\ldots;$$

en changeant la famille de fonctions on changerait évidemment la valeur de θ.

MÉCANIQUE. — *Sur le pendule entretenu par un courant alternatif.* Note de M. **Nicolas Minorsky**, présentée par M. Henri Beghin.

Il est bien connu qu'un pendule, muni d'une pièce de fer et placé dans le voisinage d'une bobine parcourue par un courant alternatif, commence souvent à osciller (¹). M. Y. Rocard a indiqué (²) les équations différentielles (e. d. pour abréger) qui régissent ce phénomène, à savoir :

$$\text{(A)} \qquad \frac{d[\mathrm{L}(\theta)\, i]}{dt} + zi = \mathrm{E} \sin \omega t \qquad \text{(équation du circuit électrique)};$$

$$\text{(B)} \qquad \mathrm{J}\ddot{\theta} + \mathrm{D}\dot{\theta} + \mathrm{C}\theta = \frac{d}{d\theta}\left[\frac{1}{2}\mathrm{L}(\theta)\, i^2\right], \qquad \text{(équation du pendule)}.$$

Comme la signification physique de ces e. d. est bien connue, nous nous bornerons seulement à remarquer que la fonction non linéaire $\mathrm{L}(\theta)$, inductance de la bobine, peut être paire ou impaire selon le dispositif employé. Le cas où $\mathrm{L}(\theta)$ est paire est plus intéressant et nous l'étudierons d'abord.

Soit $\mathrm{L}(\theta) = \mathrm{L}_0 - \alpha_2\theta^2 + \alpha_4\theta^4$ la forme approchée de $\mathrm{L}(\theta)$ où L_0, α_2 et α_4 sont des constantes positives telles que $\alpha_2/\mathrm{L}_0 = b_2 \ll 1$; $\alpha_4/\mathrm{L}_0 = b_4 \ll 1$. Ces hypothèses résultent de considérations physiques évidentes. Comme il n'existe aucune méthode générale pour l'intégration du système (A), (B), nous procéderons de la façon suivante. Nous supposerons d'abord qu'il existe une solution périodique de (B) sous la forme $\theta = \theta_0 \cos \Omega t$, où θ_0 et Ω sont pour le moment inconnus. Si l'on intègre (A) compte tenu des conditions ci-dessus et si l'on remplace la solution ainsi obtenue dans (B), tout revient à montrer que cette dernière e. d. possède une solution périodique stable (s. p. s. pour abréger). Si l'on arrive à démontrer qu'une pareille solution existe, notre hypothèse sera justifiée *a posteriori* et, en même temps, θ_0 et Ω seront déterminés par le même procédé.

La première étape de ce raisonnement montre que (A) a une solution de la forme

$$\text{(C)} \qquad i = i_0 \cos \omega t + i_2 \cos(\omega + 2\Omega)t + i'_2 \cos(\omega - 2\Omega)t + i_4 \cos(\omega + 4\Omega)t + \ldots$$

où les constantes i_0, i_2, i'_2, i_4, ... se calculent facilement en fonction des paramètres E, ω, z, L_0, b_2 et b_4, mais dans la suite on n'aura pas besoin de ces expressions et il suffit de mentionner que i_0 est une constante finie, i_2 et i'_2 sont du même ordre de grandeur comme b_2 et b_4 (les petites quantités du premier ordre), i_4 et i'_4 sont du second ordre, etc. Comme nous voulons rester dans le cadre de la première approximation, il suffit de prendre les trois premiers

(¹) J. Bethenod, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 847.

(²) *Dynamique générale des vibrations*, Masson et Cie, Paris, p. 242.

termes de (C) pour former l'expression pour i^2. On constate que dans les produits doubles du trinome trigonométrique apparaissent les termes de la forme $q_2 \cos 2\Omega t$ qui ne contiennent pas la haute pulsation ω, la constante q_2 étant $q_2 = i_0(i_2 + i'_2)$. Comme ces termes sont les seuls qui peuvent actionner le pendule de la pulsation Ω, nous ne garderons que ces termes seulement. Grâce à cette simplification, le second membre (B) devient

$$\text{(D)} \qquad \frac{d}{d\theta}\left(\frac{1}{2}\mathrm{L}i^2\right) = -\mathrm{L}_0[q_0 b_2 \theta + 2q_0 b_4 \theta^3 + (q_2 b_2 + 2q_2 b_4 \theta^2)\theta \cos 2\Omega t],$$

où $q_0 = (1/2)(i_0^2 + i_2^2 + i_2'^2)$. En remplaçant (D) dans l'e. d. (B), on obtient après quelques transformations une e. d. de la forme

$$\text{(E)} \qquad \ddot{\theta} + b\dot{\theta} + \theta - e\theta^3 + (a + c\theta^2)\theta \cos 2\tau = 0,$$

où la variable indépendante est

$$\tau = \Omega t \quad \text{et} \quad \Omega^2 = \frac{\mathrm{C} + \alpha_2 q_0}{\mathrm{J}};$$

$$b = \frac{\mathrm{D}}{\mathrm{J}\Omega^2}; \quad e = \frac{2\alpha_4 q_0}{\mathrm{J}\Omega^2}; \quad a = \frac{\alpha_2 q_2}{\mathrm{J}\Omega^2} \quad \text{et} \quad c = \frac{2\alpha_4 q_2}{\mathrm{J}\Omega^2}.$$

Cette e. d. a été étudiée dans une Note précédente ([3]) dans laquelle il a été montré qu'elle possède une s. p. s., la constante θ_0 étant $\sqrt{\rho_0}$ dans la notation de cette Note. Quant à la valeur de Ω, on voit qu'elle diffère de sa valeur mécanique $\sqrt{\mathrm{C}/\mathrm{J}}$ grâce à la présence du terme $\alpha_2 q_0$ d'origine électromagnétique. On voit ainsi que ce phénomène se présente sous la forme de l'excitation paramétrique ([4]) non linéaire vu le terme $c\theta^3 \cos 2\tau$. On peut envisager ce phénomène, si l'on veut, comme un cas d'une synchronisation sousharmonique de l'ordre 1/2 par rapport à la pulsation 2Ω du paramètre, mais cela n'a rien à faire à la pulsation ω du secteur. Cette conclusion est, d'ailleurs, d'accord avec l'expérience.

D'une façon analogue on traite le cas où $\mathrm{L}(\theta)$ est une fonction impaire de la forme $\mathrm{L}(\theta) = \mathrm{L}_0 + \alpha_1\theta + \alpha_3\theta^3$, les autres hypothèses restant les mêmes. Les conclusions sont différentes dans ce sens qu'au lieu de l'excitation paramétrique, on a ici une résonance non linéaire fondamentale (de l'ordre 1), mais cela a lieu, de nouveau, par rapport à la pulsation Ω et non par rapport à la pulsation ω.

Il est bien probable que le phénomène que nous venons d'étudier n'est qu'un cas particulier d'une classe de phénomènes non linéaires qu'on peut désigner, peut-être, sous le nom de l'*action asynchrone* en soulignant ainsi l'absence de toute relation rationnelle entre ω et Ω.

([3]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1060.

([4]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1417.

MÉCANIQUE. — *Discussion de la stabilité des réglages thermiques par la méthode de fusion des racines.* Note de M. **Pierre-Louis Dubois-Violette**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Si l'on tient compte, dans le cadre d'hypothèses très larges, des phénomènes de propagation de la chaleur, on trouve que l'inverse du rapport de transmission est une fonction entière, dont les racines sont toutes réelles et négatives. Il en résulte que la fusion des racines se produit systématiquement entre les plus petites de ces racines. L'ambiguïté qui pouvait *a priori* résulter du nombre infini de ces racines est donc levée, et l'efficacité et la simplicité de la méthode sont ainsi assurées.

1. La méthode de fusion des racines que j'ai proposée (¹) pour discuter la stabilité des servo-mécanismes régulateurs, est encore applicable lorsque l'inverse du rapport de transmission entre la grandeur de réglage et la grandeur réglée est une fonction entière $f(p)$ d'ordre < 1, dont les racines sont à partie réelle négative. J'ai montré (²) que c'était généralement le cas des installations thermiques dans lesquelles les temps de transmission de la chaleur à travers des éléments cylindriques solides étaient notables.

J'ai d'autre part démontré que les racines de $f(p)$ étaient toutes *réelles* et négatives, lorsque l'installation satisfait aux hypothèses suivantes :

1° La chaleur est transmise à travers une suite de couronnes cylindriques de révolution co-axiales, comprenant :

a. des éléments solides à travers lesquels il y a propagation du flux de chaleur;

b. des éléments fluides interposés, animés ou non d'un mouvement de circulation, à température variable dans le temps, mais supposée homogène dans l'espace.

2° La température à régler est celle de l'élément axial ou de l'élément périphérique. La grandeur de réglage est le débit du combustible ou du fluide chauffant. Dans le cas d'un chauffage par flamme, j'ai adopté, pour calculer la chaleur transmise à l'installation réceptrice, les hypothèses habituelles (³).

3° Le mode de transmission de la chaleur, précisé en a et b, peut être modifié par l'existence d'un retard supplémentaire fixe τ, dû par exemple à la circulation du fluide chauffant entre le point où il reçoit la chaleur et celui où il la cède à l'installation : la fonction $f(p)$ doit être alors multipliée par $e^{p\tau}$.

2. Les racines de $f(p)$ étant réelles et négatives, le module de la fonction $f(j\omega) = A(\omega) + jB(\omega)$ croît en même temps que son argument, lorsque ω croît de 0 à $+\infty$. L'image de $f(j\omega)$, de coordonnées A et B, décrit donc une

(¹) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1380.
(²) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 26.
(³) W. H Mc Adams, *Transmission de la chaleur*, Dunod, Paris 1950, p. 85-86.

spirale S. Désignons par b_1, $-b_2$, b_3, $-b_4$, ... les ordonnées des intersections successives de S avec l'axe imaginaire, et par ω_1, ω_2, ω_3, ω_4, ... les valeurs correspondantes de ω. Désignons d'autre part par $-a_1$, a_2, $-a_3$, a_4, ... les abscisses des intersections de S avec l'axe réel et ω'_1, ω'_2, ω'_3, ω'_4, ... les valeurs correspondantes de ω. Soit enfin $-c_1$, $-c_3$, $-c_5$, ... les abscisses successives des points de S d'abscisse négative dont la tangente est verticale et ω''_1, ω''_3, ω''_5, ... les valeurs correspondantes de ω. Nous avons

$$(1)\qquad b_1 < a_1 < c_1 < b_2 < a_2 < \ldots; \qquad \text{avec} \quad \omega_1 < \omega'_1 < \omega''_1 < \omega_2 < \omega'_2 < \ldots;$$

$$(2)\qquad A(\omega_1) = A(\omega_2) = \ldots = 0, \qquad B(\omega'_1) = B(\omega'_2) = \ldots = 0.$$

Il est alors possible de prévoir les résultats suivants dans la discussion sur la stabilité du réglage :

1° *Réglage proportionnel seul.* — Par translation parallèle à Oy de la courbe $y = A(\omega)$, c'est la racine la plus faible ω_1 de $A(\omega)$ qui fusionnera la première *avec la racine non nulle la plus petite* ω'_1 *de* $B(\omega)$. Le taux de réglage critique vaut $r_0 = -A(\omega'_1) = a_1$ et la période des oscillations entretenues qui s'amorcent lorsque $r = r_0$ est $T'_1 = 2\pi/\omega'_1$.

2° *Réglage dérivé.* — La forme spirale de S montre que l'on améliore la stabilité par l'adjonction au réglage précédent d'un réglage dérivé à réaction *négative* ($h > 0$) [1]. Si h'_1 est le taux d'action dérivée tel que $B(\omega''_1) + h'_1 = 0$, il est certain que le taux optimum h_1 [1] de cette nouvelle classe de réglage vérifie *a priori* $h_1 \leq h'_1$. J'ai démontré que la réalité des racines de la fonction entière $f(p)$ et le fait que son ordre est < 1 entraîne $h_1 = h'_1$. La valeur du taux de réglage proportionnel critique est alors $r_1 = -A(\omega''_1) = c_1$. La période des oscillations est raccourcie par rapport au cas précédent et vaut $T''_1 = 2\pi/\omega''_1$.

3° *Réglage intégral.* — Une action régulatrice intégrale de taux k se traduit par l'adjonction à $f(p)$ d'un terme en k/p [4] et les racines de $B(\omega)$ sont alors remplacées par celles de $\omega B(\omega) - k$. Envisageons la fonction entière $f_1(p) = pf(p)$. Son image décrit une spirale S_1 lorsque p décrit l'axe imaginaire de 0 à $+j\infty$. D'ailleurs $f_1(j\omega) = -\omega B(\omega) + j\omega A(\omega)$, et l'action intégrale de taux k apparaît donc équivalente à une action proportionnelle de même taux appliquée à une installation dont le rapport de transmission serait $1/f_1(p)$. On en déduit encore que le taux critique de l'action intégrale est atteint lorsque est réalisée la fusion entre la racine la plus petite de $-\omega B(\omega) + k$ avec ω_1. Ce taux est $k_0 = \omega_1 B(\omega_1)$. La période des oscillations qui s'amorcent est relativement grande et vaut $T_1 = 2\pi/\omega_1$. On retrouve ici l'inconvénient majeur du réglage intégral qui, on le sait, offre par ailleurs l'avantage de supprimer le statisme.

Conclusion. — Dans tous les cas, les plus petites racines des fonctions

[4] P. L. Dubois-Violette, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1448.

entières $A(\omega)$ et $B(\omega)$ interviennent seules dans la discussion. Ce résultat est d'autant plus intéressant que la convergence généralement rapide des séries $A(\omega)$ et $B(\omega)$ permettra dans chaque cas de limiter les calculs aux premiers termes de ces séries.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Hystérésimètre pendulaire, ou pendule de torsion à double organe élastique, pour mesurer le frottement intérieur et le module élastique des métaux dans un domaine étendu des plus basses températures jusqu'à* 1300°. Note de M. **Christian Boulanger**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Pour la mesure du frottement intérieur aux températures élevées, il a été créé un pendule de torsion à double organe élastique : le premier est un fil-éprouvette enroulé en hélice, et qui subit un couple de flexion quasi exempt de contrainte parasite; l'autre supporte le volant, forme le réservoir d'énergie potentielle et impose la période.

Le frottement intérieur des métaux et des alliages est affecté, comme on le sait, par toutes les particularités de leur histoire chimique, thermique et mécanique. Il croît avec le degré d'oxydation dans les alliages sidérurgiques; il subit une anomalie quand une substance ferromagnétique traverse son point de Curie; il traduit la diffusion des constituants dans une solution solide d'insertion ou de substitution; il accuse des glissements visqueux aux joints des grains, etc. D'où l'idée de fonder une méthode d'analyse physicothermique sur la variation avec la température de ce « réactif pourvu, selon M. Bouasse, d'une exquise sensibilité ». Mais les difficultés expérimentales de la mesure sont considérables aux températures élevées.

On peut classer en deux catégories les méthodes propres à mettre en évidence le frottement intérieur et à le caractériser par le décrément, ou fraction de l'énergie potentielle dissipée au cours d'un cycle force-déformation. Les premières, fondées sur l'amortissement spontané d'un oscillateur, sont extrêmement sensibles; mais elles n'apprennent rien sur la forme des cycles et ses changements quand on fait varier l'amplitude, la fréquence et la température. En outre, le pendule de Coulomb simple, fréquemment utilisé, offre deux inconvénients à haute température : fluage de l'éprouvette qui supporte le poids du volant; précison insuffisante à cause d'un amortissement trop rapide, aux températures où le couple se détruit très vite par relaxation visqueuse, au fur et à mesure qu'il se crée par torsion. Dans ces conditions, il n'est pas possible de calculer le module de Young à partir de la pseudopériode.

Dans les méthodes de la seconde catégorie, l'éprouvette subit une déformation cyclique d'amplitude donnée, sous fréquence donnée et à température donnée, et un hystérésigraphe enregistre le cycle force-déformation qu'on peut planimétrer et étudier dans tous ses détails. Si le cycle est décrit assez vite

pour rendre faible la relaxation visqueuse, il se rapproche d'une droite double dont la pente mesure le module élastique. Mais, comme l'observation porte sur un cycle unique, la méthode manque de sensibilité.

Un dispositif pendulaire à double organe élastique, dont l'idée se trouve dans les ouvrages de M. Bouasse, résout au mieux le problème. En voici la réalisation. Le volant est suspendu à un fil d'un métal à frottement intérieur très faible (ordre de 10^{-4}), maintenu à température constante, qui constitue le réservoir d'énergie potentielle et impose la période : 0,5 à 5 s. A la partie inférieure, il porte une tige axiale en alliage rigide à chaud et à faible conductibilité thermique qui pénètre dans un four électrique ou dans un refroidisseur. Le fil du métal étudié (longueur, 250 mm; diamètre, 0,35 mm), enroulé en hélice de faible pas, s'intercale entre cette tige et une autre tige en même alliage, coaxiale à la première et solidaire du bâti. La fixation est assurée par des pinces de tour. Les mesures sont possibles dans un intervalle de contraintes compris entre 1 et 500 g : mm².

Le ressort en hélice formant l'éprouvette se comporte donc comme un spiral dont le couple vient s'ajouter à celui de la suspension. Le four, réglé par un régulateur à fil dilatable, assure au degré près l'uniformité et la constance de la température. Il est possible d'opérer sous le vide ou dans une atmosphère d'argon purifié. Les calculs sont élémentaires.

Les résultats obtenus, qui feront l'objet de mémoires étendus, prouvent la sensibilité et la fidélité de l'appareil. Par exemple, ils montrent clairement la diminution du frottement intérieur et l'accroissement du module qui accompagnent la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ du fer.

CYBERNÉTIQUE. — *Analyse harmonique de servomécanismes non linéaires.* Note (*) de M. **Julien Loeb**, présentée par M. Louis de Broglie.

Cette Note complète les résultats d'une Note précédente [1].

1. *Cas de la stabilité conditionnelle, au sens de Nyquist.* — L'application du critérium, indiqué dans la Note du 30 juillet 1951 dans le cas de la stabilité conditionnelle, aboutit à la considération d'un régime oscillant possible (sur $x = x_1$ et $\omega = \omega_1$ de la figure 1).

Cela signifie que le régime reste stable tant que l'amplitude n'a pas atteint x_1; dans ce dernier cas une oscillation est réellement possible.

Notre analyse complète ainsi le critérium de Nyquist et indique le domaine de métastabilité sur lequel on peut réellement compter.

(*) Séance du 17 septembre 1951.

(1) J. Loeb, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 344.

2. *Critérium de stabilité du régime oscillant.* — Il ne suffit pas, pour affirmer qu'un régime oscillant peut réellement s'instaurer, de constater l'existence d'un couple de valeurs x_0 et ω_0 faisant $A(x_0 \omega_0) = -1$. Il faut, de plus, vérifier que, si x varie de δx, le régime variable qui s'instaure ramène le système à l'oscillation x_0, ω_0.

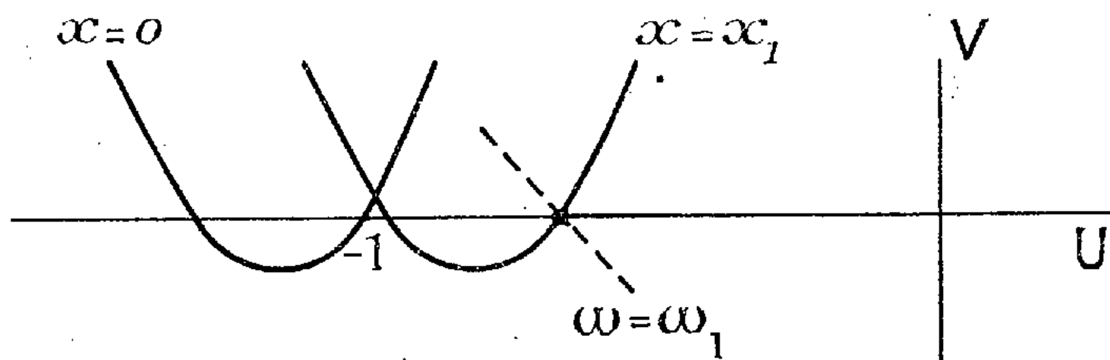


Fig. 1.

Nous mettrons la grandeur d'entrée sous la forme

$$(x + \delta x)\exp[j(\omega_0 + \delta\omega + \alpha j)t], \tag{1}$$

$\delta\omega$ est la variation de fréquence due à la variation δx d'amplitude et α l'amortissement. Si α est de même signe que δx, le régime oscillant est stable, car à un δx positif, correspondra un α positif, d'où décroissance de x.

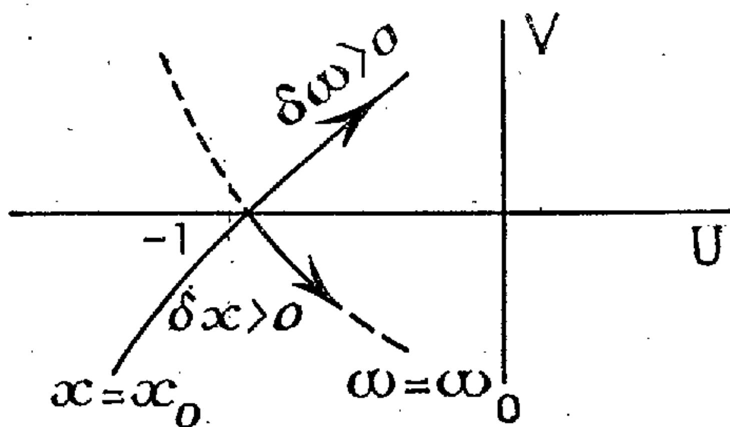


Fig. 2 *a*. — Régime oscillant stable.

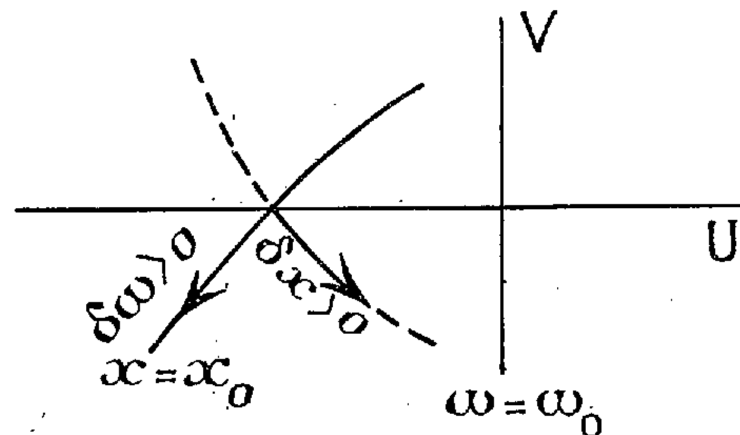


Fig. 2 *b*. — Régime oscillant instable.

Ce nouveau régime « permanent » au sens de (2) est défini par la relation

$$1 + A(x_1 + \delta x,\ \omega + \delta\omega + j\alpha) = 0, \tag{2}$$

En faisant $A = U + jV$, et en le développant, l'équation complexe (2) donne deux relations linéaires entre δx, $\delta\omega$ et α, d'où l'on tire :

$$\alpha = \delta x \frac{\left(\frac{\partial U}{\partial x}\frac{\partial V}{\partial \omega} - \frac{\partial U}{\partial \omega}\frac{\partial V}{\partial x}\right)}{\left(\frac{\partial U}{\partial \omega}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \omega}\right)^2} = \delta x \frac{\frac{\partial(U, V)}{\partial(x, \omega)}}{\left(\frac{\partial U}{\partial \omega}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \omega}\right)^2}. \tag{3}$$

(2) A. Angot, *Compléments de mathématiques à l'usage des ingénieurs de l'Electrotechnique et des Télécommunications*. Éditions de la Revue d'Optique.

Le critérium de stabilité du régime oscillant est le suivant :

Si $[\partial(U, V)]/[\partial(x, \omega)] > 0$, stabilité (instabilité dans le cas contraire).

Interprétation géométrique. — L'équation $A = U + jV$ donne une représentation du plan des x, ω sur le plan des U, V. Le signe du Jacobien $\partial(U, V)/\partial(x, \omega)$ indique le sens de l'élément de surface transformé de l'élément rectangulaire $\delta x \, \delta\omega$ du plan des x, ω. La figure 2*a* indique un régime oscillant stable. La figure 2*b* indique un régime oscillant instable.

MÉTROLOGIE. — *Comment corriger au mieux, dans un dépouillement expérimental, l'incertitude liée au caractère discret et discontinu des données.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Albert Pérard.

L'identification, sur N intervalles partiels consécutifs, de la donnée expérimentale et de la loi représentative à N paramètres prend, du fait du caractère irrégulier de l'imprécision expérimentale, un sens qui peut être artificiellement très différent si l'on incorpore dans un intervalle une donnée de plus ou de moins. On indique un procédé simple pour minimiser cette influence fâcheuse.

Nous avons appris à calculer la loi représentative de l'étude expérimentale d'un phénomène, où l'on aurait fait entrer N paramètres, en identifiant, sur N intervalles partiels, découpant le domaine expérimental, la valeur moyenne de la loi expérimentale et celle de la loi représentative, la partition de l'intervalle expérimental étant déterminée par la condition, dite *de minimisation*, que l'influence des imprécisions expérimentales fût aussi faible que possible sur la précision d'un paramètre, ou d'une fonction de plusieurs paramètres considérée parce qu'ayant une signification physique.

Comme l'a confirmé un essai d'application, cette procédure, malgré les apparences, peut n'être pas, en fait, la meilleure, parce qu'elle repose sur une conception simpliste : en choisissant les limites des intervalles partiels on raisonne comme si la somme des valeurs de la donnée expérimentale était une fonction continue de l'étendue de l'intervalle partiel. Le caractère discret des ordonnées suffirait à provoquer une légère variation brusque de la différence Δ entre la somme des ordonnées expérimentales et la somme des ordonnées représentatives, lorsqu'en déplaçant la limite d'un intervalle partiel on prend, dans un groupe, une ordonnée de plus, mais ce ne serait pas grave, la variation étant légère et progressive. Ce qui l'est beaucoup plus c'est que, du fait de l'irrégularité des erreurs expérimentales, une ordonnée de plus provoque, même en valeur relative, une variation de Δ, notable et immensément irrégulière, de sorte qu'en écrivant, par l'équation $\Delta = 0$, l'identification, sur un intervalle partiel, des valeurs moyennes représentative et expérimentale, on exprime en

(*) Séance du 17 septembre 1951.

fait une condition très artificielle, parce qu'en déplaçant très peu la limite de l'intervalle, on peut changer du tout au tout sa signification.

Il est donc nécessaire de se protéger contre une circonstance aussi fâcheuse, et il se trouve qu'on y arrive par des considérations simples. Soit par exemple à déterminer un polynome représentatif (Ax^2+Bx+C) dans l'intervalle $(0 \cdot 1)$. Soient $(0 \cdot \alpha)$, $(\alpha \cdot \beta)$, $(\beta \cdot 1)$ les intervalles partiels à déterminer, et soient Y_1, Y_2, Y_3 les sommes des ordonnées expérimentales dans chacun d'eux respectivement. Pour que l'identification des moyennes représentative et expérimentale soit rationnellement établie, il faudrait retoucher les intervalles partiels qui deviendraient $(0 \cdot \alpha+\lambda)$, $(\alpha+\lambda \cdot \beta+\mu)$, $(\beta+\mu \cdot 1)$, ce qui, en appelant ε la variation de Y_1 dans l'intervalle $(\alpha \cdot \alpha+\lambda)$ et η celle de Y_2 dans l'intervalle $(\beta \cdot \beta+\mu)$, apporterait aux Y les nouvelles valeurs

$$Y'_1 = Y_1+\varepsilon, \qquad Y'_2 = Y_n+\eta-\varepsilon, \qquad Y'_3 = Y_3-\eta.$$

Le problème sera bien résolu si l'on rend minimum l'influence, sur le calcul de A, B ou C, des inconnues très petites ε ou η. Alors, ε, $(\eta-\varepsilon)$, et η apparaissant comme de petites variations éprouvées par les Y, on est ramené à un calcul entièrement analogue à celui de la minimisation. En ce qui concerne le meilleur calcul du coefficient A, on trouve que ε et η interviennent par le quotient de $(\varepsilon-\eta)$ par $\alpha(1-\alpha)(1-2\alpha)$; il faut donc rendre maximum ce dernier produit, ce qui conduit à $\alpha=0,2113$, β valant $1-\alpha$, soit $0,7887$. Quant au coefficient B, on détermine la meilleure partition en rendant minimum le coefficient d'influence de η et écrivant que le coefficient d'influence de ε doit alors lui être égal, d'où $\alpha=0,2982$ et $\beta=0,8166$. Pour ce qui est de C, on écrit que le coefficient d'influence de ε est minimum, et que le coefficient d'influence de η lui est alors égal, ce qui donne $\alpha=0,300$, et $\beta=0,947$. On trouve que le choix le meilleur pour A, plus satisfaisant en ce qu'il n'impose aucun intervalle partiel trop petit, reste très acceptable pour B et C.

Cet exemple montre comment on aborderait et traiterait le problème dans tous les cas.

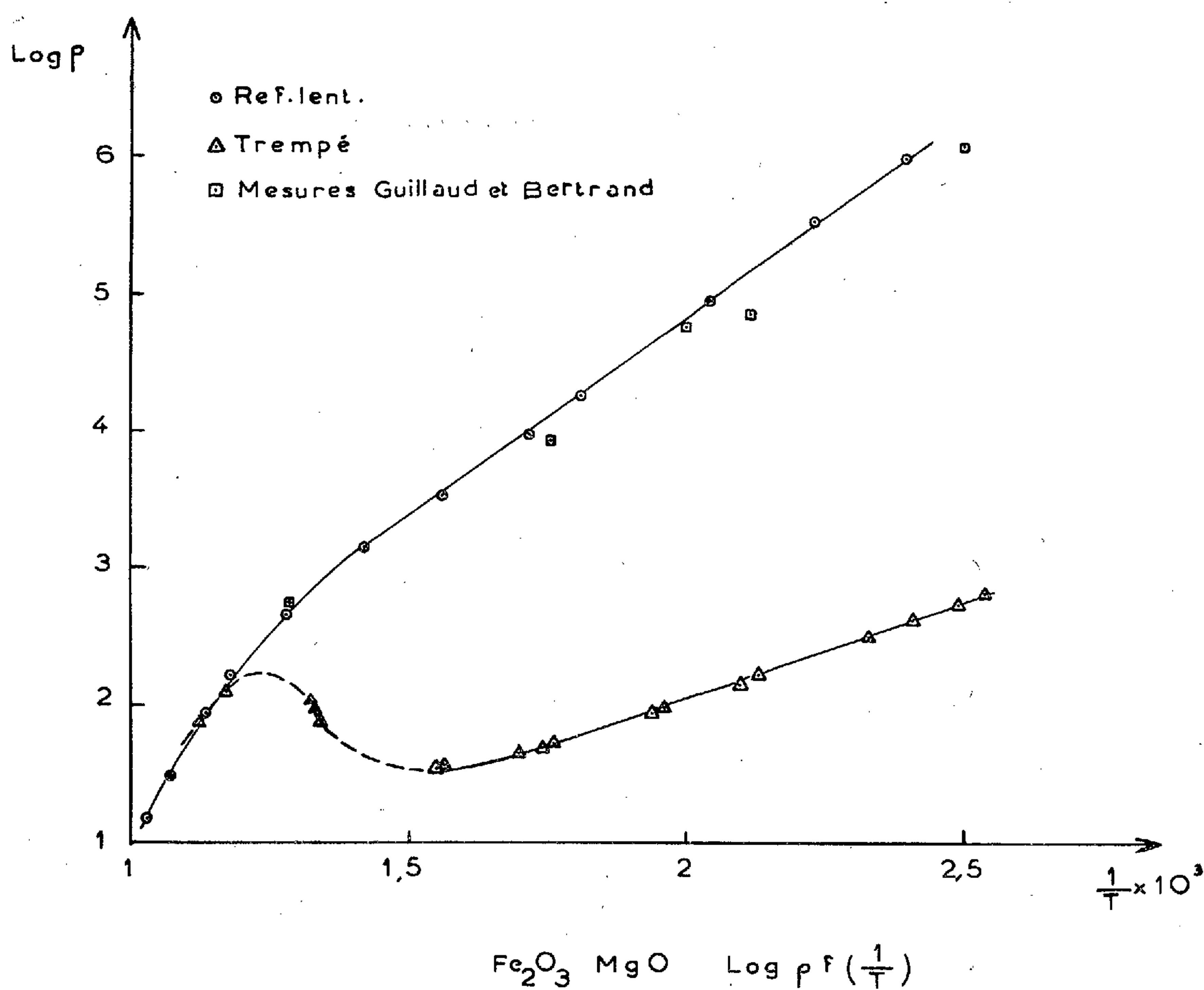
ÉLECTRICITÉ. — *Résistivité des ferrites de zinc, de nickel, de cobalt, de magnésium et de cuivre en fonction de la température.* Note (*) de M. **Louis Bochirol**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons mesuré en fonction de la température entre 100 et 700° C environ, la résistivité des ferrites de zinc, de nickel, de cobalt, de magnésium et de cuivre, et mis en évidence l'influence des traitements thermiques sur la résistivité.

(*) Séance du 24 septembre 1951.

Afin d'obtenir des lignes de courant de tracé simple à l'intérieur du matériau, nous avons utilisé comme échantillons des disques de ferrite fritté; sur leurs deux faces, les contacts ont été réalisés par un dépôt électrolytique de platine, avec métallisation préalable sous vide ([1]).

L'échantillon et une résistance étalonnée mise en série avec lui, sont traversés par un courant suffisamment faible pour que l'échauffement résultant de son passage soit négligeable; les chutes de tension, de quelques millivolts, dans l'échantillon et dans la résistance étalonnée, sont mesurées au moyen d'un potentiomètre.



Fe_2O_3 MgO Log ρ f (1/T)

La théorie prévoit une variation linéaire pour Log ρ en fonction de 1/T, soit une loi de la forme $\rho = a \exp b/T$, pour des semi-conducteurs dans lesquels la conductibilité est d'origine électronique.

Comme l'ont montré C. Guillaud et R. Bertrand ([2]), cette loi est suivie de

([1]) L. Weil, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1475.

([2]) *J. Rech. C. N. R. S.*, 11, 1950, p. 73,

manière approximative pour les ferrites de nickel et de magnésium. Les courbes représentatives, dont la figure donne un exemple (ferrite de magnésium) présentent une légère concavité tournée vers le bas. Les courbes relatives aux ferrites de zinc, de cuivre et de cobalt présentent le même aspect.

Le tableau ci-dessous donne les ordres de grandeur des résistivités mesurées, pour plusieurs ferrites d'une densité voisine de 4, à 100 et 700°C.

	Fe_2O_3ZnO.	Fe_2O_3NiO.	Fe_2O_3CoO.	Fe_2O_3MgO.	Fe_2O_3CuO.
ρ_{100}........	$4,5.10^5$	8.10^5	1.10^6	1.10^6	5.10^5
ρ_{700}........	20	30	20	15	10

Ces résultats ont été obtenus pour des ferrites refroidis lentement (60 à 80°C : h). Nous avons mis en évidence l'influence des traitements thermiques, en faisant une trempe énergique, dans un courant gazeux, depuis 700°C ou plus. On observe alors un abaissement considérable de la résistivité, comme le montrent les résultats suivants :

	Fe_2O_3ZnO.	Fe_2O_3NiO.	Fe_2O_3MgO.	Fe_2O_3CuO.
ρ_{100}(après trempe)..........	8000	2000	700	4000

Un nouveau chauffage suivi d'un refroidissement lent permet d'obtenir à nouveau les valeurs élevées de ρ_{100} que nous avons mesurées tout d'abord.

Enfin, des pesées effectuées avec une précision de l'ordre de 1/10 000e ont montré qu'aucune différence n'apparaît à la suite des différents traitements thermiques subis par un même échantillon, éliminant ainsi l'hypothèse d'une éventuelle modification de la composition moyenne. Seuls peuvent entrer en ligne de compte des changements de position d'atomes à température élevée, changements auxquels la trempe rapide ne laisse pas le temps de se produire pour redonner la structure d'équilibre, à 100° C par exemple.

SPECTROSCOPIE. — *Nouvelle transition interdite de la molécule* N_2.
Note de Mme **Renée Herman**, présentée par M. Bernard Lyot.

Obtention du système de Meinel des aurores polaires au laboratoire et essai d'identification d'un nouveau système de bandes infrarouge de l'azote apparenté au précédent, à une transition interdite $v \rightarrow q\,{}^1\Sigma_u^+$.

Le spectre infrarouge de l'aurore polaire, étudié récemment par Vegard, Petrie, Meinel et Gartlein, se compose essentiellement du premier système positif de N_2, des bandes de Kaplan-Meinel de O_2 (bandes atmosphériques), de raies de OI et NI et de six bandes mesurées par Meinel et qu'il a attribuées à la transition $A\,{}^2\Pi - X\,{}^2\Sigma$ de N_2^+.

Cette transition étant permise, il est assez troublant qu'elle n'ait jamais été observée au laboratoire. Meinel admet que sa probabilité est faible et que l'on

ne peut s'expliquer sa présence dans les aurores qu'en admettant qu'il se forme beaucoup plus d'ions $N_2^+(A\,^2\Pi)$ que d'ions $N_2^+(B\,^2\Sigma)$ (1)

De nombreux chercheurs ont essayé, sans succès, de reproduire ces bandes au laboratoire. Dans des expériences récentes qui seront décrites prochainement il nous a été possible de les obtenir avec la même structure que dans les aurores. Il semble nécessaire, pour arriver à ce résultat, de réduire le nombre de chocs avec les molécules N_2. Lorsqu'au contraire, ce nombre de chocs devient important, les bandes aurorales sont remplacées, en partie, par d'autres bandes qui semblent liées à la même transition électronique mais qui ont une structure de rotation plus simple. C'est ce que l'on observe dans l'azote pur traversé par un courant de faible intensité.

Nous avons déjà signalé l'existence de ces bandes et proposé un schéma de vibration (2). De nouvelles expériences à basse température les montrent nettement dégradées vers le violet et l'on a pu mesurer les têtes avec plus de précision. Le schéma de vibration est donné dans le tableau ci-dessous.

v'. v''.....	0.		1.		2.
1.........	8097,6 12345	 (708)	8590,6 11637		– –
	(896)				
2.........	7549,6 13241		(*)		(8431) (11856)
	(859)				
3.........	7090,1 14100	 (706)	7464,0 13394	 (681)	7863,7 12713
			(831)		
4.........	– –		7028,1 14225		– –

(*) Masquée par (1,0).

Les différences de fréquence observées sont voisines, pour le niveau inférieur, de celles de l'état $q\,^1\Sigma_u^+$ trouvé par Worley en absorption (3) et, pour le niveau supérieur, de celles de l'état v donné par ce même auteur. Les coïncidences numériques ne sont pas excellentes, mais il faut tenir compte du fait que les mesures de Worley, comme les nôtres, manquent de précision.

Il est à remarquer que la transition $v \rightarrow q$, à laquelle nos bandes pourraient correspondre, est interdite par la règle de sélection $g \rightarrow u$, les deux transitions $X\,^1\Sigma_g^+ \rightarrow v$ et $X\,^1\Sigma_g^+ \rightarrow q\,^1\Sigma_u^+$ étant permises (ce qui semble résulter

(1) A. B. Meinel, *Astrophysical Journal*, 112, 1950, p. 562.

(2) L. Herman, *The Geophysical Institute, University of Alaska*, Report n° 1, Contract n° AF 19 (122)-431 with the Geophysical Research Directorate-Air Force Cambridge Research Laboratories.

(3) *Physical Review*, 64, 1943, p. 207.

de leur coefficient d'absorption élevé dans l'ultraviolet). Or, les bandes du tableau I se comportent bien comme si elles résultaient d'une transition interdite, leur intensité croissant par rapport à celle du deuxième système positif (permis) lorsque la densité de courant et la température diminuent.

L'arrêt des bandes à $v' = 4$ s'explique aisément. En effet, le premier niveau de vibration de l'état v, trouvé par Worley en absorption, est à 121.245 cm⁻¹, le dernier niveau observé ici est à 124.763 cm⁻¹ et le niveau de vibration suivant de l'état v serait à environ 125.560 cm⁻¹. Cet état serait instable par suite d'une décomposition possible en $N_2^+ + e$, l'énergie d'ionisation de la molécule N_2 étant de 125.666 cm⁻¹. On voit ainsi que ce système pourrait être émis en l'absence des bandes négatives, ce qui est conforme au résultat expérimental.

DÉCHARGES DANS LES GAZ. — *Décharges électriques condensées dans les gaz comprimés.* Note de M. **Roger Aumont**, présentée par M. Gustave Ribaud.

On connaît la propriété qu'ont les gaz d'émettre un spectre continu intense dans les étincelles condensées sous basse pression canalisées par un tube capillaire ([1]), ([2]), ([3]).

L'étude de telles décharges ([3]) a montré l'influence assez considérable, sur le spectre, du matériau constitutif du tube capillaire, ce qui rend difficile l'analyse de l'émission spectrale propre du gaz.

En vue d'obtenir un effet analogue à l'émission dans un tube capillaire, on a suggéré le recours aux décharges électriques dans un gaz sous pression. Les études sur les gaz comprimés ont déjà été entreprises par Finkelnburg ([4]) qui opérait dans l'hydrogène sous une pression de 30 kg/cm², et par Weniger et Herman ([5]) pour les décharges non condensées.

Reprenant l'étude des décharges non condensées dans les gaz sous pression, nous avons expérimenté deux types de décharges : l'étincelle condensée normale et l'étincelle condensée superficielle dont la présente Note signale tout l'intérêt.

Le premier type de décharge envisagé est caractérisé par un intervalle disruptif utilisable nécessairement très faible, inférieur à 2mm, ceci en raison de l'accroissement rapide de la tension disruptive avec la pression : pour l'azote, par exemple, sous une pression de 15 kg/cm², le potentiel disruptif atteint

---

([1]) H. Muraour, J. Romand et B. Vodar, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 620.
([2]) J. Romand et B. Vodar, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1634-1636.
([3]) J. Romand et B. Vodar, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 574-576.
([4]) *Z. Physik*, **70**, 1931, p. 375.
([5]) Ch. Weniger et L. Herman, *Comptes rendus* **227**, 1948, p. 1022-1024; **229**, 1949, p. 185-187.

175 kV/cm. Une telle disposition des électrodes entraîne les conséquences suivantes : la présence d'une proportion importante de vapeurs métalliques dans le canal de la décharge diminue sensiblement la température de l'étincelle, les niveaux d'excitation des atomes du métal étant inférieurs à ceux du gaz. La réabsorption devient importante et l'on note un très grand nombre de raies renversées, particulièrement dans le cas des électrodes en tungstène, métal lourd. Ce fait est illustré par l'enregistrement A du spectre obtenu dans l'azote sous 100 kg/cm², entre électrodes en tungstène.

L'emploi d'un métal léger permet de diminuer considérablement le nombre de raies renversées; le beryllium semble être le métal le plus avantageux en raison de sa faible masse atomique et de sa température de fusion relativement élevée. L'enregistrement B correspond à un spectre obtenu sous pression d'azote, entre électrodes en beryllium.

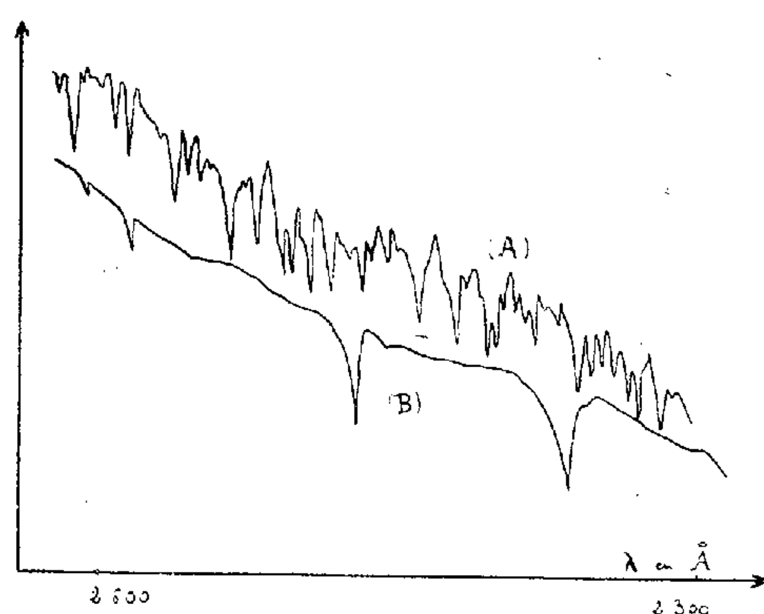


Fig. 1.

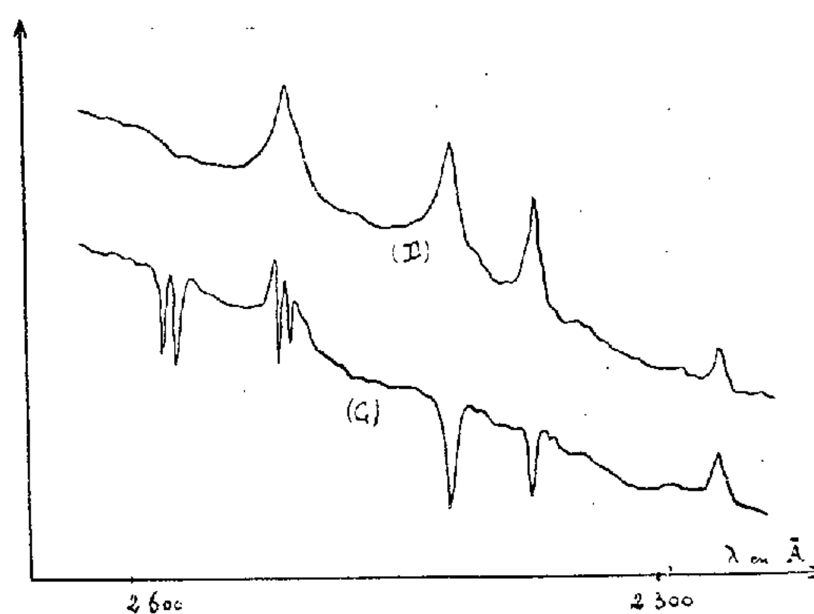


Fig. 2.

L'étincelle condensée superficielle a été obtenue en employant comme support une résistance du type aggloméré au carbone, courant dans le commerce. Une telle décharge est caractérisée par un intervalle disruptif long et par une tension d'amorçage peu élevée, même sous très forte pression. Il nous a été possible d'amorcer des décharges superficielles de 1 cm de long sous une tension de 15 000 V et ce sous une pression de 120 kg/cm². Il est à noter qu'un tel résultat correspond à un champ électrique disruptif 10 fois plus faible que celui d'une décharge normale et continue, compte tenu de la longueur de l'espace disruptif, ce qui constitue un avantage marqué pour l'étude du spectre d'émission du gaz.

La région centrale de l'étincelle est beaucoup moins influencée par les vapeurs métalliques, ainsi que le montrent les enregistrements C et D correspondant respectivement à des spectres pris au voisinage des électrodes et dans la région centrale de la décharge. Alors qu'une réabsorption peut être constatée du côté des électrodes, la région centrale de l'étincelle révèle une émission.

Il convient de remarquer que l'usure des électrodes, qui était très gênante dans le premier cas où l'intervalle disruptif était très faible, devient pratiquement nulle dans le cas d'une décharge superficielle longue, ce qui contribue à une meilleure reproductibilité des résultats.

Nous signalons d'autre part que la double condition : étincelle longue et sous pression, confère à celle-ci un excellent rendement électrique et lumineux.

Toutefois il est à remarquer que le matériau isolant peut apporter une perturbation dont l'importance ressort des expériences actuellement en cours. Quoi qu'il en soit, le mode d'excitation décrit dans la présente Note et qui ne semble pas avoir été employé jusqu'ici pour l'étude des spectres d'émission sous pression, semble être très avantageux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Classement des composés organiques par degré d'adsorbabilité vis-à-vis de surfaces solides.* Note de M. **Louis Robert**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Par l'étude des isothermes d'adsorption à 20° de mélanges binaires de composés organiques liquides sur des surfaces solides, on peut classer ces composés organiques en fonction de leur degré d'adsorbabilité vis-à-vis de ces surfaces. Un classement partiel a été fait vis-à-vis du charbon actif, du gel de silice et du gel d'alumine. Ces classements permettent en particulier de prévoir l'action de ces adsorbants pour la séparation par chromatographie des mélanges de composés organiques.

Quand on met un mélange de deux composés organiques liquides 1 et 2, de fractions molaires x_0^1 et x_0^2, en contact avec une surface solide, généralement le mélange liquide en équilibre avec la phase adsorbée sur le solide voit les concentrations de ses composants changer en x_e^1 et x_e^2. Ceci est dû à l'adsorption préférentielle d'un des deux constituants. Le mélange s'appauvrit en constituant le plus adsorbé. En traçant la courbe donnant la variation de concentration $x_0^1 - x_e^1$ d'un des constituants en fonction de sa concentration x_e^1 à l'équilibre, on obtient un isotherme d'adsorption du mélange binaire.

Tryhom et Wyatt (1) semblent être les premiers à avoir tracé en 1926 de tels isothermes pour les composés benzène-alcool éthylique et benzène-acétone sur le charbon actif. Puis Bartell (2) en 1929, Hirschler (3) en 1947 et d'autres ont étudié également différents couples de liquides sur charbon actif, gels de silice et d'alumine.

Les isothermes obtenus sont de deux types : le type en U (courbe I) et le type en S (courbes II, III et IV).

---

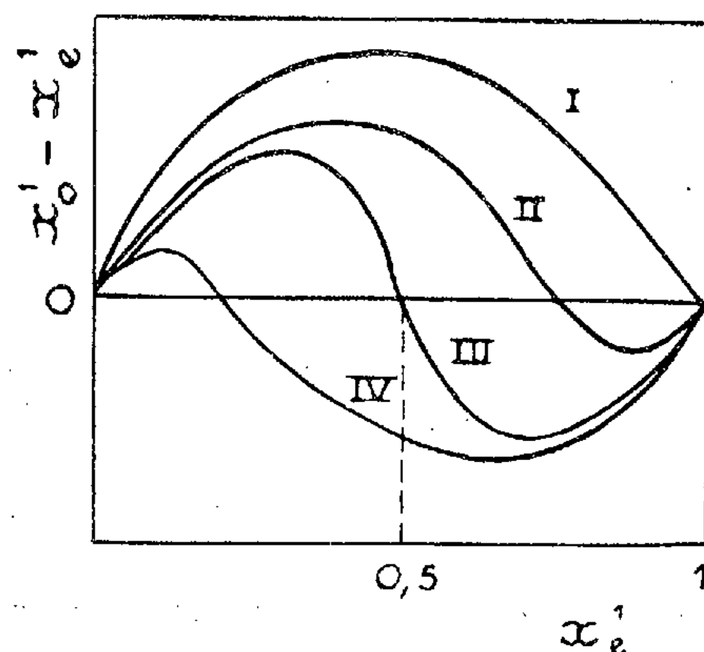
(1) *Trans. Faraday Soc.*, 32, 1926, p. 139.

(2) Bartell et Sloan, *J. Amer. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 1643; Bartell et Schaffler, *J. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 2507.

(3) Hirschler et Amon, *Ind. Eng. Chem.*, 39, 1947, p. 1585.

Dans le type en U, le composé 1 considéré est toujours plus adsorbé que le composé 2 quel que soit le domaine de concentration.

Dans le type en S, on obtient une inversion du phénomène, il existe une concentration où les deux composés sont adsorbés dans la même proportion. Pour la courbe III le point d'isoadsorbabilité est situé à la concentration 0,5.



Dans ce cas nous dirons que les deux composés possèdent le même degré d'adsorbabilité. Pour la courbe II, le point d'isoadsorbabilité a lieu pour une concentration supérieure à 0,5; le domaine où le composé 1 est plus adsorbé que le composé 2 est donc plus grand que celui où le composé 2 est plus adsorbé que le composé 1. Dans ce cas, on dira que le composé 1 a un degré d'adsorbabilité supérieur à celui du composé 2. C'est l'inverse dans le cas de la courbe IV.

En partant de cette définition, le classement d'un composé donné vis-à-vis d'un autre est simplement obtenu en observant la variation de concentration de ce composé dans un mélange, équimoléculaire initialement, puis mis au contact de la surface solide.

Pour observer cette variation de concentration, nous avons mesuré l'indice de réfraction du mélange avant et après contact avec la surface solide.

En opérant avec des mélanges de composés organiques deux à deux, on obtient les classements suivants sur le charbon actif, les gels de silice et d'alumine déshydratés.

Le naphtalène a été étudié en solution dans le benzène dans le domaine de concentration 0-0,15 seulement. Les variations de concentration montrent une courbe du type IV avec le gel de silice, le point d'isoadsorbabilité ayant lieu à une concentration inférieure à 0,15. Avec le charbon actif, on observe que le naphtalène est toujours plus adsorbé que le benzène, dans ce domaine 0-0,15; par analogie avec la tétraline, on a admis que le naphtalène avait un degré d'adsorbabilité supérieur à celui du benzène..

Charbon actif.	Gel de silice.	Gel d'alumine.
Naphtalène	Alcool méthylique	Alcool éthylique
Tétraline	Alcool éthylique	Benzène
Benzène	Alcool butylique	Octène
Alcool éthylique	Benzène	Heptane
Alcool isopropylique	Tétraline	Hexane
Octène	Toluène	Pentane
Heptane	Alcool isoamylique	
Hexane	*n*-Butyl benzène	
Pentane	Octène	
	Naphtalène	
	Pentane	
	Hexane	
	Heptane	

Les différences profondes existant dans les trois classements ci-dessus montrent l'influence énorme de la nature de la surface solide sur l'interaction entre molécules organiques et surface solide.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Échange d'iode entre l'iodobenzène et l'iodure de sodium.* Note de MM. **Serge May**, **Michel Sarraf**, **Alain Vobauré** et M[me] **Pascaline Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Poursuivant l'étude des échanges entre iodure organique et iodure minéral([1]), on a observé que dans le cas de l'iodobenzène et de l'iodure de sodium dissous dans l'alcool octylique secondaire, la réaction semble sous la dépendance d'un processus *monomoléculaire*.

Mode opératoire. — On dissout l'iodobenzène et le radioiodure de sodium (contenant de l'iode 131 en provenance de la pile de Châtillon) dans 10 cm^3 d'alcool octylique. Le tout est placé dans un autoclave Prolabo que l'on chauffe au bain d'huile thermostatique pendant un temps donné puis brutalement refroidi.

Le mélange est alors jeté dans l'eau d'où l'iodure minéral est extrait.

La phase organique est traitée à 80° pendant deux heures par l'amalgame de sodium à 1 % en présence d'alcool éthylique et d'eau, ce qui transforme l'iodobenzène en iodure de sodium.

L'iodure de sodium ainsi formé, et celui provenant de la liqueur aqueuse sont transformés en iodure d'argent. Leurs activités sont alors mesurées à l'aide du tube de Geiger Müller et comparées à celle d'un étalon.

Résultats. — On a calculé les constantes de vitesse à l'aide des formules

---

([1]) *Voir* S. May, P. Daudel, J. Schottey, M. Sarraf et A. Vobauré, *Compte rendus*, 232, 1950, p. 727.

classiques décrivant un échange bimoléculaire simple et à l'aide de celles décrivant un échange monomoléculaire simple. Le tableau ci-dessous résume les résultats d'expériences types.

Température : 240°C; concentration de l'iodobenzène : 19,80 mmol-g : l; temps de contact : 3 h.

Concentration de l'iodure de sodium.	Constante de vitesse $\times 10^5$.	
	Bimoléculaire.	Monomoléculaire.
19,87	312	6,13
9,935	675	6,8
39,87	129	5,16
79,87	70	5,7
14,90	614	9,2
30	1935	5,8
99,37	626	5,75

D'après ce tableau, on voit clairement que l'échange semble sous la dépendance d'un processus primaire monomoléculaire. Quand on fait varier le temps de contact, k ne reste pas bien constant. Il semble que l'ensemble du phénomène soit fort complexe. Nous poursuivons des recherches sur ce point.

Discussion. — Pendant que nous réalisions ces recherches, un travail de Kristjanson et Winkler (2) est paru et a relaté des faits comparables relatifs à la même réaction d'échange, mais dans un autre solvant : l'acétonitrile.

Dans ce solvant et sensiblement à la même température (238°), les auteurs trouvent pour la constante monomoléculaire : $k.10^5 = 100$, soit plus de dix fois ce que nous obtenons dans le cas de l'alcool octylique secondaire.

CHIMIE MINÉRALE. — *Obtention d'alliages aluminium-titane par aluminothermie.* Note de MM. **Jean Cueilleron** et **Claude Pascaud**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons préparé au laboratoire une série d'alliages aluminium-titane par réduction aluminothermique de l'oxyde de titane en présence d'un fondant et d'un corps capable de fournir de l'oxygène, ou d'oxygène gazeux, ce dernier étant amené à la surface du mélange en cours de réaction.

Lorsqu'on cherche à opérer au laboratoire la réduction aluminothermique de l'oxyde de titane, sur des quantités de matière de l'ordre de quelques centaines de grammes, suivant l'équation



$$3\,TiO_2 + 4Al = 2\,Al_2O_3 + 3\,Ti + 146\ \text{kcal},$$

(2) *Canad. J. Chem.*, **29**, n° **2**, 1951, p. 154-161.

on constate que la réaction ne se propage pas par suite des pertes par rayonnement. Nous avons accru l'exothermicité de la réaction par adjonction d'un corps susceptible de fournir de l'oxygène, et la quantité stœchiométrique d'aluminium pour fournir, par combustion avec cet oxygène, l'appoint de calories nécessaires.

Nous avons tout d'abord fait appel au chlorate de potasse (1), (2). Nous avons établi, par des essais systématiques, que la quantité de chlorate de potasse devait être ajustée assez exactement à 18 % de la quantité totale de matière mise en jeu. Nous avons opéré dans des creusets en mullite brasqués en magnésie de Vleisch. Nous avons ainsi obtenu des alliages aluminium-titane titrant au maximum 45 à 48 % en titane et 1 à 3 % en oxygène. Lorsqu'on cherche à dépasser cette teneur en titane en réduisant la quantité d'aluminium mise en jeu, on n'obtient plus de culot métallique homogène et la réduction de l'oxyde de titane dépasse difficilement le stade Ti_2O_3.

Pour obtenir des alliages plus riches en titane nous avons utilisé, comme fournisseur d'oxygène, le peroxyde de baryum (3). La réaction s'effectue de façon beaucoup plus calme et la quantité de peroxyde nécessaire peut être choisie dans des limites assez larges sans que la marche de la réaction en soit affectée. La réaction s'accompagne de la formation d'un laitier qui protège, lors du refroidissement, le métal qui s'est rassemblé au fond du creuset. De plus la réaction s'effectue en phase liquide. En mettant en œuvre 200 g TiO_2, 200 g BaO_2, 100 g Al, on obtient avec un rendement voisin de 60 %, par rapport à l'oxyde de titane, un alliage titrant 65 % en titane, moins de 0,1 % en fer et silicium totaux; la teneur en oxygène peut descendre à 0,02 % dans les cas les plus favorables. Le laitier obtenu est extrêmement dur, il raye l'acier au tungstène; peu fusible, il ne fond que superficiellement dans le dard du chalumeau gaz-de-ville-oxygène; poli, il présente un aspect bleu acier avec quelques inclusions métalliques; sa composition, dans le cas ci-dessus, était : Ti : 7,4 % ; Al : 15,6 % ; BaO : 39,5 % ; TiO_2 : 22,3 %; Al_2O_3 : 15,2 %. Sa composition varie d'ailleurs quelque peu suivant le titre de l'alliage que l'on a cherché à obtenir. Il ne nous a pas encore été possible d'y déceler des composés définis entre les divers constituants.

Reprenant une idée de Léon Guillet (4), nous avons tenté de fournir l'appoint de calories nécessaires à la réaction en faisant arriver un jet d'oxygène à la surface de la masse en cours de réaction; toutefois, nous avons maintenu

---

(1) Van Erckelens, *Met. Erz.*, 20, 1923, p. 207.

(2) F. Foerster, et G. Grube dans : *O. Neuss. Beiträge zur Métallurgie*, Leipzig, 1921, p. 32.

(3) K. A. Kühne, *Electrochem. Met. Ind.*, 7, 1909, p. 127.

(4) *Bl. Soc. Enc.*, 103, 1902, p. 244.

une certaine proportion de peroxyde de baryum, sans lequel la réaction n'avait pas lieu. En mettant en œuvre : 200 g TiO_2, 200 g BaO_2, 200 g Al, et en envoyant un jet d'oxygène, nous avons obtenu dès le début de la réaction un bain liquide d'un blanc éblouissant agité par de vifs courants de convection; à un certain moment, après 3 à 4 mn, en moyenne, la couche superficielle se solidifie. On peut considérer la réaction comme terminée, le jet d'oxygène n'ayant plus, dès lors, aucun effet. Après refroidissement, nous avons constaté que le métal s'était rassemblé en un gros globule noyé au sein du laitier, environ à mi-hauteur du creuset. Avec les quantités indiquées, nous avons obtenu un alliage à 44,6 % de titane et 1 % d'oxygène; la température de réaction n'a pas été mesurée, mais elle nous a semblé notamment plus élevée qu'en la seule présence de peroxyde de baryum, aussi l'attaque du réfractaire, malgré la brasque de magnésie, a-t-elle introduit 0,2 % de fer et de silicium dans l'alliage. Le laitier obtenu répond à la composition : Ti : 0,8 % ; Al : 1 % ; TiO_2 : 9,65 % ; Al_2O_3 : 61,05 % ; BaO : 27,5 % ; on notera la faible teneur en TiO_2, indice d'un bon rendement. Le métal libre se trouve dans le laitier sous forme de petits globules de quelques millimètres de diamètre qu'il est difficile de récupérer, d'autant plus que leur composition n'est pas forcément identique à celle du globule principal. Nous n'avons pas non plus décelé de composé défini dans ce laitier que ses propriétés ne différencient pas notablement de celui obtenu avec le seul peroxyde de baryum.

Nous avons voulu savoir si le peroxyde de baryum agissait en fournissant l'oxygène nécessaire à la réaction ou en jouant le rôle de fondant; dans ce dernier cas, il devait être possible de lui substituer d'autres fondants; pour vérifier cette hypothèse, nous l'avons successivement remplacé par de l'oxyde de baryum, de la chaux et de la magnésie, tout en continuant à envoyer un jet d'oxygène à la surface du bain. Dans chaque cas, nous avons observé le même phénomène : formation d'un gros globule d'alliage au sein du laitier.

C'est donc que le rôle de fondant est le rôle essentiel et il est tout indiqué de remplacer le peroxyde de baryum par de la chaux. Lors d'un essai, nous avons mis en œuvre : TiO_2 : 100 g; Al : 200 g; CaO : 100 g; nous avons obtenu un alliage à 39,6 % de titane et 1 % d'oxygène; il contenait 85 % du titane apporté sous forme de TiO_2. Le laitier a fourni à l'analyse les chiffres suivants : Ti : 0,9 % ; Al : 1,6 % ; TiO_2 : 10 % ; CaO : 33,1 % ; Al_2O_3 : 55,4 %. Par ailleurs, il était intéressant de savoir comment était réparti l'oxygène entre le titane et l'aluminium dans l'alliage : l'expérience montre qu'il n'y a, sous forme d'oxyde, que des traces de titane, à peine précipitables au cupferron. La majeure partie de l'oxygène est donc sous forme d'alumine.

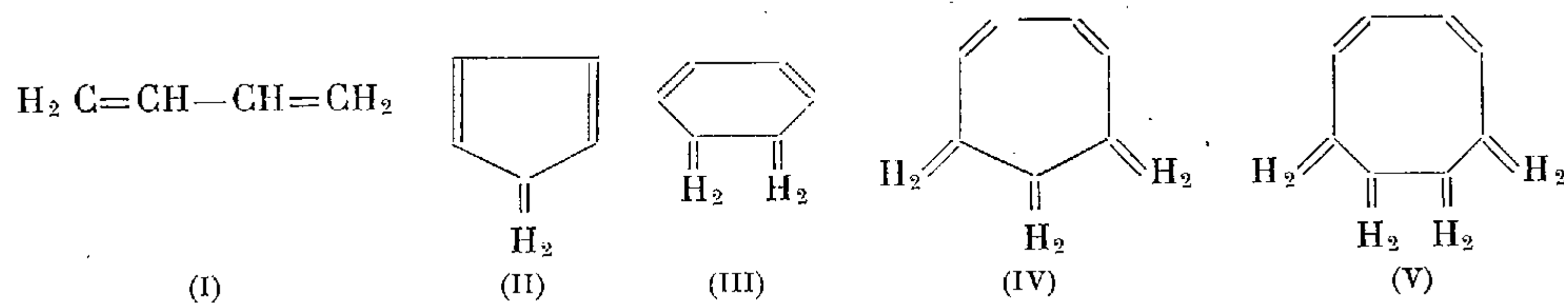
Les globules métalliques obtenus dans tous les cas montrent une structure homogène avec tout au plus quelques cristallisations de fines aiguilles bronzées de $TiAl_3$ à la surface de séparation globule — laitier.

La structure et les propriétés de ces alliages sont à l'étude.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur les spectres d'absorption ultraviolette des diènes cycliques ; cycloheptadiène*-1,3. Note de M. **Gaston Berthier** et Mme **Alberte Pullman**, présentée par M. Louis de Broglie.

On montre que le déplacement de λ_{max} vers de courtes longueurs d'onde, observé en passant du cyclohexadiène-1,3 au cycloheptadiène-1,3, constitue, en majeure partie, un effet hypsochrome naturel indépendant de la destruction partielle de planéité.

Dans une récente publication [1] nous avons examiné en détail les raisons de l'existence d'un effet bathochrome continu de la plus lointaine bande d'absorption dans la série butadiène (I), cyclopentadiène (II), cyclohexadiène-1.3 (III). Depuis lors, Pesch et Friess [2] ont mesuré le spectre d'absorption ultraviolette du cycloheptadiène-1.3 (IV), et ont trouvé que ce composé absorbe vers des longueurs d'onde plus courtes que le cyclohexadiène. Les données expérimentales tirées, pour tous ces composés, pour plus d'homogénéité, de la référence 2, sont indiquées dans la deuxième colonne du tableau.



L'explication qui vient le plus naturellement à l'esprit consiste à attribuer l'effet hypsochrome observé à une destruction partielle de planéité dans le cycle heptagonal. Bien qu'il paraisse possible qu'un tel facteur intervienne réellement, il est néanmoins intéressant de faire remarquer qu'*une partie au moins de l'effet est indépendante de toute destruction de planéité et constitue ainsi un nouvel exemple d'effet hypsochrome naturel* [3].

En effet, lorsque nous étendons nos calculs de la référence [1] au cycloheptadiène, nous obtenons les résultats contenus dans les troisième et quatrième colonnes du tableau : on observe un accroissement de l'énergie de la transition $N \rightarrow V_1$ en passant de l'hexacycle à l'heptacycle. L'approximation sans recouvrement, bien que théoriquement moins plausible, s'avère de nouveau plus satisfaisante, car elle indique, correctement, que le λ_{max} du cycloheptadiène devrait se placer entre celui du cyclopentadiène et celui du cyclohexadiène, alors que l'approximation avec recouvrement prévoit un effet hypsochrome trop grand.

---

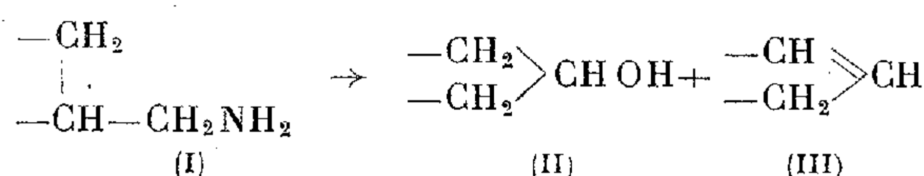
(1) A. Pullman et G. Berthier, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1950, p. 81.
(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 5756.
(3) A. Pullman et B. Pullman, *Far. Soc. Disc.*, 9, 1950, p. 46.

Substance.	λ_{max} (mμ).	Énergie de la transition $N \rightarrow V_1$. Approximation sans recouvrement (β).	Approximation avec recouvrement (γ).
Butadiène	210	1,389	1,440
Cyclopentadiène	239	1,328	1,350
Cyclohexadiène	257	1,303	1,348
Cycloheptadiène	248	1,311	1,366

Ajoutons que le déplacement hypsochrome de λ_{max} se poursuit dans le cyclooctadiène-1.3 (V) : $\lambda_{max} = 228$ mμ(⁴). Dans ce cas, toutefois, l'effet doit probablement être attribué à l'absence de planéité dans le cycle octogonal.

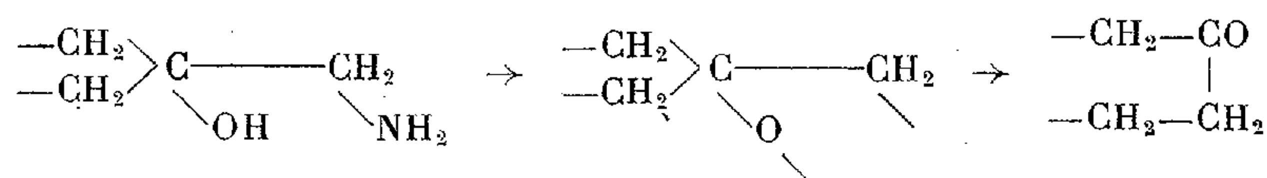
CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle interprétation du mécanisme des réactions d'extension de cycles par désamination nitreuse des dérivés aminométhyl cyclaniques*. Note de MM. **Georges Darzens** et **Maxence Meyer**, présentée par M. Marcel Delépine.

En 1903 Demjanow (¹) a montré que la désamination nitreuse des aminométhyl cyclanes (I) donnait naissance à des cyclanols (II) avec production simultanée de cyclonène (III).



Cette réaction a ensuite été redonnée par Wallach (²) et utilisée dans des cas particuliers par Barbier, Naves et Bochmassa (³). Aucune interprétation n'a été donnée de cette extension de cycle.

En 1937 M. Tiffeneau a étendu cette réaction aux aminométhyl-1-cyclanols-1 qui sont ainsi transformés en cyclanones avec extension de cycles (⁴).



(⁴) A.-C. Cope et L.-L. Estes, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 1128.

(¹) *J. Russ. Phys. Chim.*, 35, 1903, p. 26; 36, 1904, p. 166; *Berichte Deutsch. chem. Ges.*, 40, 1907, p. 4393.

(²) *Ann.*, 353, 1907, p. 326.

(³) Barbier, *Helv.*, 23, 1940, p. 524; Naves, Bachmann, *ibid.*, 26, 1943, p. 1334.

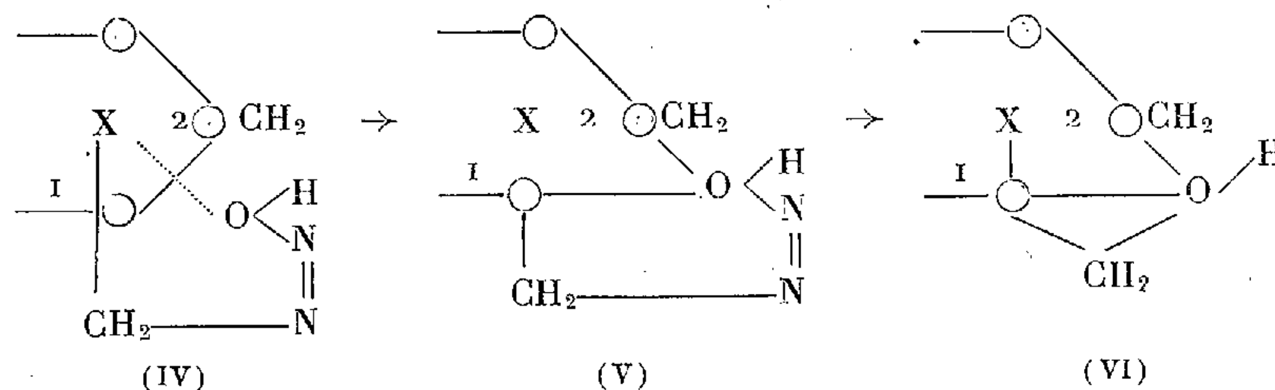
(⁴) Tiffeneau, Weil et Tchoubar, *Comptes rendus*, 205, 1939, p. 55.

Cette réaction, dont le rendement est supérieur à celle de Demjanow, s'est montrée, par la suite, la réaction de choix pour préparer successivement les cyclanones en C_7, C_8, C_9 et C_{10}. M. Tiffeneau mentionne, dans son Mémoire, Wallach, mais il semble ignorer l'antériorité de Demjanow qu'il ne cite pas.

M[lle] B. Tschoubar a apporté dernièrement une importante contribution à la généralisation et à la technique d'exécution de cette réaction dont elle précise, d'autre part, son interprétation, en y apportant la notation électronique (5). Malgré cette modification, d'ailleurs purement formelle, cette interprétation du mécanisme de l'expansion ne permet pas, à notre avis, de comprendre la raison pour laquelle un chaînon du cycle se détache d'un carbone pour en rejoindre un autre.

La réaction de Demjanow comme celle de Tiffeneau est essentiellement une oxydation intramoléculaire. Or de telles réactions trouvent une interprétation précise si l'on fait intervenir la formation de dérivés d'oxoniums, comme nous l'avons montré dans d'autres Notes (6).

L'action de l'acide azoteux donne d'abord un dérivé azoïque où l'oxygène est particulièrement actif; il va en conséquence oxyder les deux carbones 1 et 2 [formule (IV)] où X est de l'hydrogène ou un groupe OH pour donner un oxonium (V) avec ouverture du cycle entre ces deux carbones :



Ce dérivé instable se décompose en libérant de l'azote pour donner l'oxonium (VI) où le groupe méthylénique CH_2 est en réalité au-dessous du plan du cycle au voisinage du carbone 2. Enfin, l'oxygène reprend la forme normale et les deux carbones des groupes CH_2, primitivement en relation avec l'oxygène, se réunissent, alors que le groupe OH reste uni au carbone 1.

Lorsque X est de l'hydrogène, on a la réaction de Demjanow, lorsqu'il est un hydroxy on a celle de Tiffeneau et son rendement sera plus élevé et plus facile, ce carbone étant déjà oxydé et plus actif.

(5) *Bull. Soc. chim. France*, **16**, 1949, p. 160-164.

(6) G. Darzens et M. Meyer, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1234; **232**, 1951, p. 1487.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique au moyen du nickel Raney des acides et esters des acides cinnamiques diversement substitués.* Note de M. **Pierre Mastagli** et Mlle **Paulette Lambert**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs ont étendu leurs travaux d'hydrogénation au moyen du nickel Raney aux acides cinnamiques substitués en α et substitués sur le noyau en ortho et para. Ils ont pu ainsi déceler l'influence de ces différents radicaux sur la facilité d'hydrogénation.

Jusqu'alors, ces hydrogénations n'avaient pas été effectuées sous pression d'hydrogène au moyen du nickel Raney.

L'hydrogénation catalytique au moyen du nickel Raney des acides cinnamique et *p*-hydroxycinnamique a déjà été effectuée par l'un d'entre nous (1).

Nous avons étendu ces travaux à quelques acides cinnamiques substitués en α : α-méthyl-cinnamique et α-phényl-cinnamique par exemple; ensuite à des acides cinnamiques substitués en para sur le noyau *p*-méthoxy-cinnamique et *p*-méthoxy-α-méthyl-cinnamique ; et enfin, à quelques acides cinnamiques substitués en ortho sur le noyau *o*-méthoxy-cinnamique et *o*-méthoxy-α-méthyl-cinnamique.

Nous avons remarqué que la facilité d'hydrogénation de ces produits variait avec les substitutions que l'on y avait introduites.

Les plus facilement hydrogénables sous une pression de 70 kg sont le cinnamate d'éthyle ordinaire et les cinnamates substitués sur le noyau en ortho et para. Ces trois corps s'hydrogènent à la température ambiante. Il semble cependant que la position en ortho soit la plus favorable. L'hydrogénation dans ce cas s'effectue en deux heures et demie, alors qu'il faut cinq heures dans les deux autres.

Les radicaux en α, au contraire, retardent la réduction de la double liaison. Nous avons déjà montré que l'acide cinnamique s'hydrogénait sous une pression de 112 kg à la température ambiante (1) : il n'en a pas été de même pour l'acide α-méthyl-cinnamique dont l'hydrogénation ne peut s'effectuer, à 100 kg de pression, qu'à 150° de température. Il a fallu une heure pour obtenir une complète réduction.

L'acide α-phényl-cinnamique s'est montré plus résistant encore, puisque dans les mêmes conditions de température et de pression il a fallu 3 h pour obtenir un résultat complet.

Si, maintenant, nous mettons en parallèle deux acides cinnamiques substitués sur la chaîne et le noyau, nous remarquons que l'hydrogénation obéit à l'influence du radical situé sur la chaîne en α, tant que la substitution méthoxy

(1) P. Mastagli et M. Métayer, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1779.

se trouve en para. En revanche, cette dernière joue un rôle prépondérant quand elle se trouve en ortho.

Ainsi, tandis que l'acide *p*-méthoxy α-méthyl-cinnamique s'hydrogène sous 70 kg de pression et à 200°, l'acide *o*-méthoxy-α méthyl-cinnamique, sous une même pression, et pendant la même durée de 3 h, s'hydrogène à la température de 75°. Nous pensons étendre ces travaux à l'acide furyl-acrylique et aux acides furyl-acryliques substitués.

Tableau des conditions d'hydrogénation.

Substances.	Cinnamate d'éthyle.	*p*-Méthoxy-cinnamate d'éthyle.	*o*-Méthoxy-cinnamate d'éthyle.	Acide α-méthyl-cinnamique.	α-Phényl-cinnamate d'éthyle.	*p*-Méthoxy-α-méthyl-cinnamate d'éthyle.	*o*-Méthoxy α-méthyl-cinnamate d'éthyle.
Pression H (kg)........	70	70	70	100	60	70	70
Température...........	ambiante	ambiante	ambiante	150°	150°	200°	75°
Temps d'hydrogén. (h)..	4	5	2 1/2	1	3	3	3

Constantes des dérivés dihydracinnamiques correspondants.

	$É_{25}$	$É_{20}$	$É_{24}$	$É_{23}$	$É_{22}$	$É_{40}$	$É_{24}$
Point d'ébullition......	138–140	173	162–163	167–168	196–197	175–180	161–163
	n_D^{19}	$n_D^{21,5}$	n_D^{18}	F	n_D^{24}	n_D^{20}	n_D^{18}
Indice de réfraction.....	1,500	1,505	1,501	37°	1,5425	1,497	1,501

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les variations du degré de polymérisation de l'α-cellulose résiduelle au cours de l'hydrolyse des matières cellulosiques.* Note (*) de M. **François-A. Abadie**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente ([1]) il a été montré qu'il existe une correspondance entre l'α-cellulose et la fraction des matières cellulosique nitrées qui, après solution dans l'acétone, peut être précipitée dans l'eau; cette fraction a été appelée « A »-cellulose ([2]).

Des échantillons de coton blanchi et de bois de sapin ont été hydrolysés par des solutions d'acide chlorhydrique de concentrations variables durant diverses durées à la température ordinaire. Ils ont été nitrés suivant Bryde ([2]) et le degré de polymérisation de la « A »-cellulose déterminé par la méthode viscométrique. Quelle que soit la matière cellulosique, la diminution du degré de polymérisation de l'α-cellulose résiduelle suit les mêmes règles générales :

(*) Séance du 3 septembre 1951.

([1]) F.-A. Abadie, *Thèse Acad.*, Paris, 1951.

([2]) Ö. Bryde et T. H. Smith, *Norsk Skogindustri*, **11**, 1950, p. 308.

1° En fonction de la durée de l'hydrolyse, le degré de polymérisation (D.P.) diminue, d'abord rapidement, puis se stabilise à un minimum d'environ 160 pour le coton et 280 pour le bois [D.P. $= (y) \times 9{,}8^{-10,3}$ (constante de Jullander) avec l'acide à 38 %]. Cependant, le D.P. minimum est proportionnel à la concentration de l'acide.

2° Il n'y a pas de proportionnalité absolue entre la diminution de la quantité d'α-cellulose et celle de son D.P. La concentration de l'acide a une influence plus grande sur le D.P. que sur la quantité d'α-cellulose, qui dépend surtout de la durée de l'hydrolyse. Cependant, lorsque avec des concentrations d'acide différentes on obtient les mêmes quantités d'α-cellulose, celles qui ont été hydrolysées le moins longtemps ont le D.P. le plus élevé.

Les constantes d'hydrolyse déterminées par la formule

$$K = \frac{1}{t_2 - t_1}\left(\frac{1}{P_2} - \frac{1}{P_1}\right),$$

où P_1 et P_2 sont les degrés de polymérisation pour les durées d'hydrolyse t_1 et t_2, suivent également les mêmes règles, indépendamment de la nature de la matière cellulosique (comme le résume le tableau n° I).

TABLEAU I.

Conditions de l'hydrolyse.		Constante d'hydrolyse.	
Concentration de l'acide *a*.	Durée de l'hydrolyse en heures.	Cellulose de coton.	Cellulose de bois.
28,50	0,25	2408	1184
»	1	1208	378
33,25	0,25	4340	1184
»	1	1704	1166
38,00	0,25	8692	8544
2	1	2926	–

a % d'acide chlorhydrique.

On voit que :

1° Les constantes d'hydrolyse diminuent toujours et rapidement avec l'augmentation de la durée de la réaction quelle que soit la concentration de l'acide.

2° Elles augmentent toujours avec l'augmentation de la concentration de l'acide quelle que soit la durée de la réaction.

Malgré ces identités, il existe des différences très nettes entre la dégradation de l'α-cellulose résiduelle du coton et celle du bois.

1° Le D. P. minimum de l'α-cellulose du bois est toujours beaucoup plus élevé que celui du coton.

2° Les constantes d'hydrolyse sont toujours plus faibles pour l'α-cellulose résiduelle du bois que pour celle du coton.

3° Il en est de même du changement de « degré de coupure » [Spaltungsgrad ([3])] $\Delta S = K \Delta t$ et de la somme de ces degrés (comme le montre le tableau II).

TABLEAU II.

Durée de l'hydrolyse en heures (ClH à 28,5 %).	Cellulose de coton		Cellulose de bois	
	$\Delta S . 10^{-4}$.	$\Sigma \Delta S . 10^{-4}$.	$\Delta S . 10^{-4}$.	$\Sigma \Delta S . 10^{-4}$.
0,08	1,59	1,59	1,37	1,37
0,16	0,84	2,43	0,59	1,96
0,25	4,02	6,45	1,17	3,13
1	9,06	15,51	2,84	5,97
3	16,72	32,33	1,89	7,86
6,50	10,11	42,44	2,67	10,53
17,50	5,39	47,83	5,17	15,70
48	8,2	56,03	2,74	18,44

Ce dernier résultat est particulièrement intéressant. En effet, Jörgensen ([4]) a trouvé le même résultat en hydrolysant du coton aussi préservé que possible contre toute attaque préalable, et des pâtes blanchies de sapin, en utilisant des solutions acides diluées à chaud. La dépolymérisation plus rapide de l'alpha-cellulose résiduelle du coton au cours de son hydrolyse est donc bien spécifique de cette matière première. Elle est indépendante des conditions d'hydrolyse et du traitement préalable subi par les matières cellulosiques.

De même que le degré de polymérisation minimum plus bas dans le cas du coton, que dans celui du bois, ce phénomène est assez difficile à expliquer. Cependant l'un comme l'autre sont très nets et nous les avons vérifiés personnellement avec les mêmes matières premières, mais en les hydrolysant avec de l'acide chlorhydrique dilué (de 2,5 n à 0,625 n), à 105°.

GÉOLOGIE. — *Exploration géologique dans le Cameroun oriental.* Note (*) de M. **Edmond Bruet**, transmise par M. Paul Fallot.

La région située entre 2° et 3°,30′ au Nord de l'Équateur et par 13°,30′ à 14°,40 de longitude Est était, à notre connaissance, pratiquement inexplorée, c'est ainsi que la carte géologique du Cameroun au 1/1 500 000 de décembre 1943 ne comporte, la concernant, que des données très vagues.

Elle est entièrement recouverte par la grande forêt, n'est hantée que par des

(3) A. Matthes, *Kolloid Z.*, 92, 1943, p. 318.

(4) *Thèse de Doctorat*, Trondheim, 1950.

(*) Séance du 27 août 1951.

pygmées répartis dans quelques villages établis le long de rares pistes : Madjoué-N'Gatto; Madjoué-Moloundou. Deux cours d'eaux principaux la parcourent : la Boumba et la Dja qui se réunissent pour former la Sanga affluent du Congo. La Bok est un grand affluent de la Boumba. On relève des collines et des plateaux dont l'altitude varie de 600 à 800 m ; à leur pied, des ravins profonds, de 50 à 100 m, servent d'exutoires à des ruisseaux. Tous les cours d'eaux ont une allure torrentielle et les rivières sont pourvues de chutes et de cascades.

Au cours des itinéraires : Lomié-Souanké; Moloundou-Madjoué; Madjoué-Biwala; Maléa-Soufflay-Moloundou; cours de la rivière Bok de Maléa au confluent Boumba; Souanké-Zoulabot-Bezam-N'Gatto, 350 échantillons de roches ont été recueillis, malgré les obstacles (forêts, latérite); leur étude détaillée paraîtra ultérieurement.

La partie nord de la région envisagée appartient au socle granito-gneissique jusque environ 2°,35' de latitude Nord, mais la partie Sud qui va de cette limite à la frontière du Moyen-Congo renferme la série Sembé-Ouesso, assimilée au Kundelungu d'âge Cambrien-Silurien-Dévonien.

Le socle granito-gneissique d'âge Précambrien constitue une vaste série métamorphique avec pendages faibles au Nord, plus accentués vers le Sud.

La série Sembé-Ouesso, qui repose avec discordance sur le cristallin, comporte à sa base des schistes verts et rouges, puis des quartzites clairs, des grès peu agglomérés, des grès de couleur ocre, enfin des grès roses et lilas. Le conglomérat sporadique, ni les schistes graphiteux du sommet, signalés par Maurice Nicklès dans sa belle étude (1) n'ont pas été rencontrés ici. L'ensemble a une puissance de 150 à 170 m avec un léger pendage Nord. Les altitudes les plus élevées ne dépassent pas 800 m aux chutes de la rivière Bok. Au centre, il existe un bombement anticlinal qui correspond à une boutonnière ouverte sur le granite au Nord d'Éta (piste Souanké-Lomié). Cet anticlinal a un axe général Est-Ouest avec une faille radiale importante à l'Est.

Parmi les granites rencontrés du Nord au Sud, citons : un granite à amphibole près de Madjoué; un granite à amphibole avant la Bomba; un granite à biotite avant la rivière Bok et également au sud de la rivière Mié; un granite à grain fin, à biotite et à grands feldspaths juste avant Baréko, ainsi qu'après Yanébot, etc.

Des roches intrusives basiques intéressent aussi bien le socle que la série Sembé-Ouesso. Elles comprennent en première analyse : des dolérites sur la Dja; des péridotites 80 km au Sud de Lomié; des pyroxénites près de Biwala, et des amphibolites près de Souanké. Certaines de ces roches sont serpentinisées.

Dans le socle, le degré de métamorphisme est variable. On relève : des

(1) *Géologie de l'A. E. F.* (*Encyclop. col. mar.*, p. 5, Paris, s. d.).

paragneiss à grenats près de Biwala; plus au Sud des micaschistes, des chloritoschistes, pour parvenir à des migmatites situées entre Zoulabot et la Dja, puis à des gneiss d'injection ou embréchites, très chargés en éléments colorés entre Eta et Souanké.

La direction tectonique Est-Ouest à Nord-Nord-Est au Nord de la Dja s'infléchit à Est-Sud-Est au Sud.

Sur toute l'étendue de la région étudiée, on relève de nombreuses chutes : chutes de la Bok; rapides et chutes de la Dja, etc. Les ruisseaux sont des torrents. En bref, la topographie est jeune, le réseau hydrographique est en pleine évolution et il n'a pas disposé du temps nécessaire pour régulariser son cours. Il est permis de penser à un mouvement épéirogénique récent qui aurait succédé à des mouvements du même genre qui ont créé à la fin du Tertiaire et au début du Quaternaire la cuvette congolaise.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des divers inositols et de quelques composés voisins sur la croissance des plantules de* Pisum sativum *L.* Note de MM. **Paul Fleury, Guy Deysson** et Mme **Micheline Deysson**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'action stimulante exercée sur la croissance des racines de Pois par le méso-inositol, dans certaines conditions, ne se retrouve ni avec les mêmes isomères de ce corps (*d*-inositol, *l*-inositol, scyllitol), ni avec divers composés voisins (quëbrachitol, pinitol, *d*-quercitol, viburnitol, scyllo-méso-inosose). On observe donc, ici, la même spécificité d'action que dans les études effectuées avec divers champignons.

Les recherches de divers auteurs, parmi lesquels Woolley et, plus récemment, Schopfer (1), ont permis d'établir que, pour certains champignons, le méso-inositol est une exovitamine à action essentielle ou complémentaire. La spécificité de cette action est alors très nette et de nombreux corps, chimiquement voisins, sont inactifs.

Deux d'entre nous (2) ayant montré que le méso-inositol peut également, pour des concentrations convenables, stimuler la croissance des plantules de Pois, il nous a paru intéressant de rechercher si cette dernière action présente une spécificité analogue.

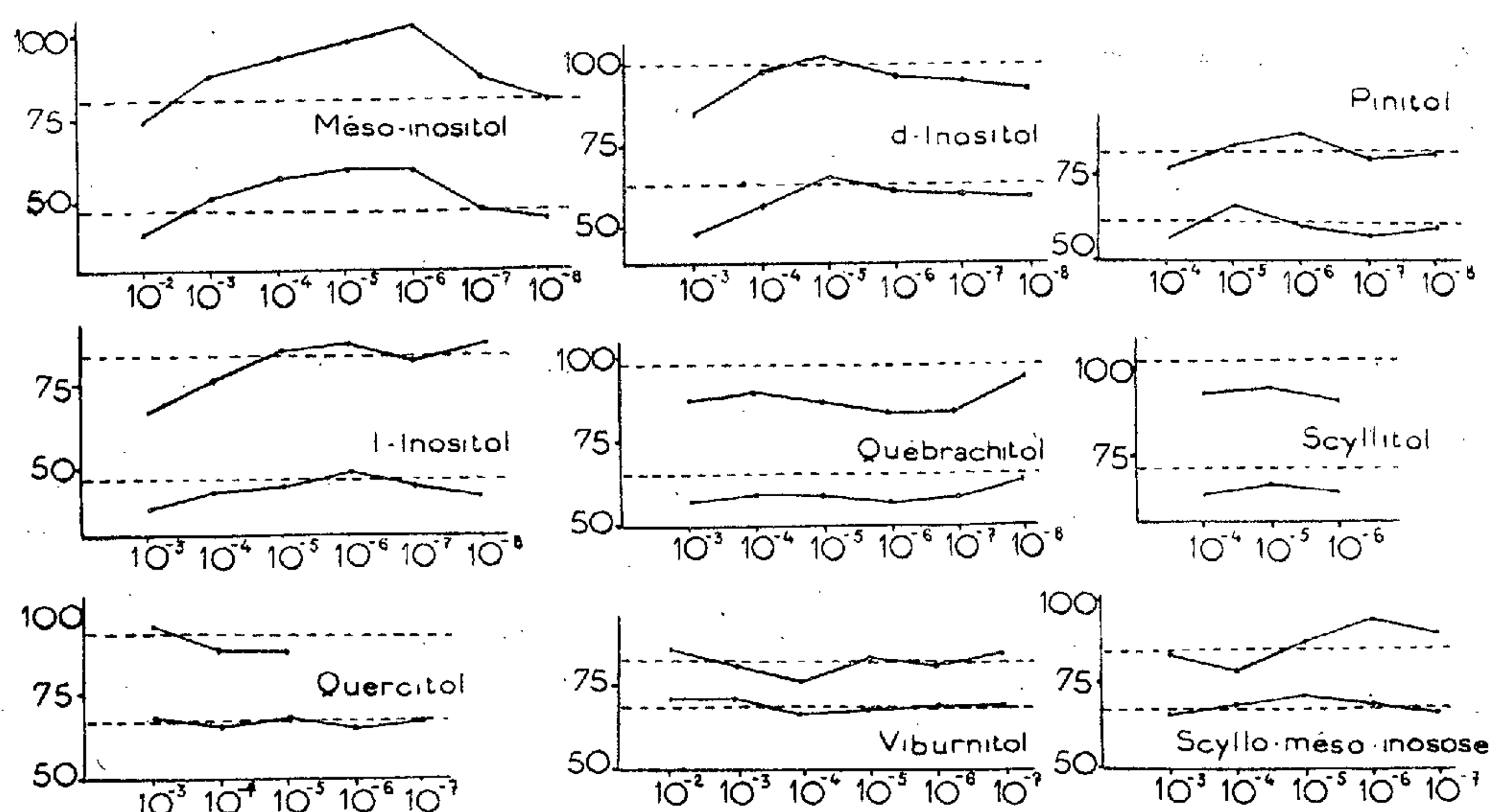
Nos expériences ont été conduites de la manière suivante : dans un lot de plusieurs centaines de graines de *Pisum sativum* L. (variété 42 de Sarcelles améliorée) de même origine et mises simultanémeut en germination, on choisit, parmi les plantules de 10 à 20 mm, celles qui ont atteint une même

(1) W. H. Schopfer, *Helv. Chim. Acta*, 27, 1944, p. 468; W. H. Schopfer, Th. Posternak et M. Guilloud, *J. Microbiol. and Serology*, 12, 1947, p. 133; W. H. Schopfer, Th. Posternak et M. L. Boss, *Rev. int. Vitaminologie*, 20, 1948, p. 121.

(2) G. Deysson et M. Deysson, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 32, 1950, p. 268.

longueur dans le même temps (à ± 1 mm près) et on les répartit par lots de 10 dans des boîtes de Pétri (dont le fond est recouvert d'un filtre sans cendres) en présence de 10 ml de liquide de Knop dilué au demi, seul ou additionné d'une quantité convenable de la substance dont on étudie l'action. Les boîtes sont placées à l'obscurité, au thermostat, à la température de 20° et les solutions sont renouvelées chaque jour. La sélection effectuée au début de l'expérience permet d'obtenir des valeurs significatives malgré la grande variabilité de la croisssance des plantules.

Nous avons étudié l'action exercée par quatre isomères naturels de l'inositol (méso-inositol, *l*-inositol, *d*-inositol, scyllitol), les éthers monométhyliques du *l*-inositol (québrachitol) et du *d*-inositol (pinitol), deux désoxy-inositols, le *d*-quercitol et le viburnitol (« *l*-quercitol ») et un dérivé d'oxydation, le scyllo-méso-inosose. Pour chaque substance, nous avons mesuré l'allongement des racines aux 2e, 3e et 5e jours et l'allongement des tiges aux 3e et 5e jours. Nous ne rapporterons, dans les figures ci-dessous, que les résultats relatifs à l'allongement des racines aux 3e et 5e jours. Pour chaque figure, on a porté en ordonnées les longueurs des racines en millimètres et en abscisses les différentes concentrations de substance utilisées; la courbe inférieure traduit les résultats obtenus le 3e jour, la courbe supérieure, les résultats obtenus le 5e jour; les deux lignes en pointillé représentent la longueur des témoins aux jours correspondants.



Nos résultats peuvent être résumés de la façon suivante :

1° Seul le méso-inositol exerce une action stimulante nette, pour des concentrations comprises entre 10^{-4} et 10^{-6} (stimulation de 20 à 27 %); dans les mêmes conditions, toutes les autres substances étudiées n'exercent aucune influence ou sont légèrement inhibitrices (+ 8 à — 12 %).

2° Pour des concentrations supérieures aux concentrations stimulantes, le méso-inositol exerce une action inhibitrice (10^{-2} : inhibition de 16 %). Une telle action se manifeste déjà à la concentration de 10^{-3} avec le *d*- et le *l*-inositol (inhibitions de 19 et de 22 %). On peut se demander s'il ne s'agit pas là d'un antagonisme de compétition avec le méso-inositol cellulaire et nous entreprenons des recherches sur ce point.

3° La prolongation de l'expérience au delà de trois jours permet d'observer une accentuation des actions dépressives signalées ainsi qu'une légère action de même type pour le québrachitol et le scyllitol. Sous l'influence du scyllo-méso-inosose, on observe parfois, au contraire, une légère action stimulante.

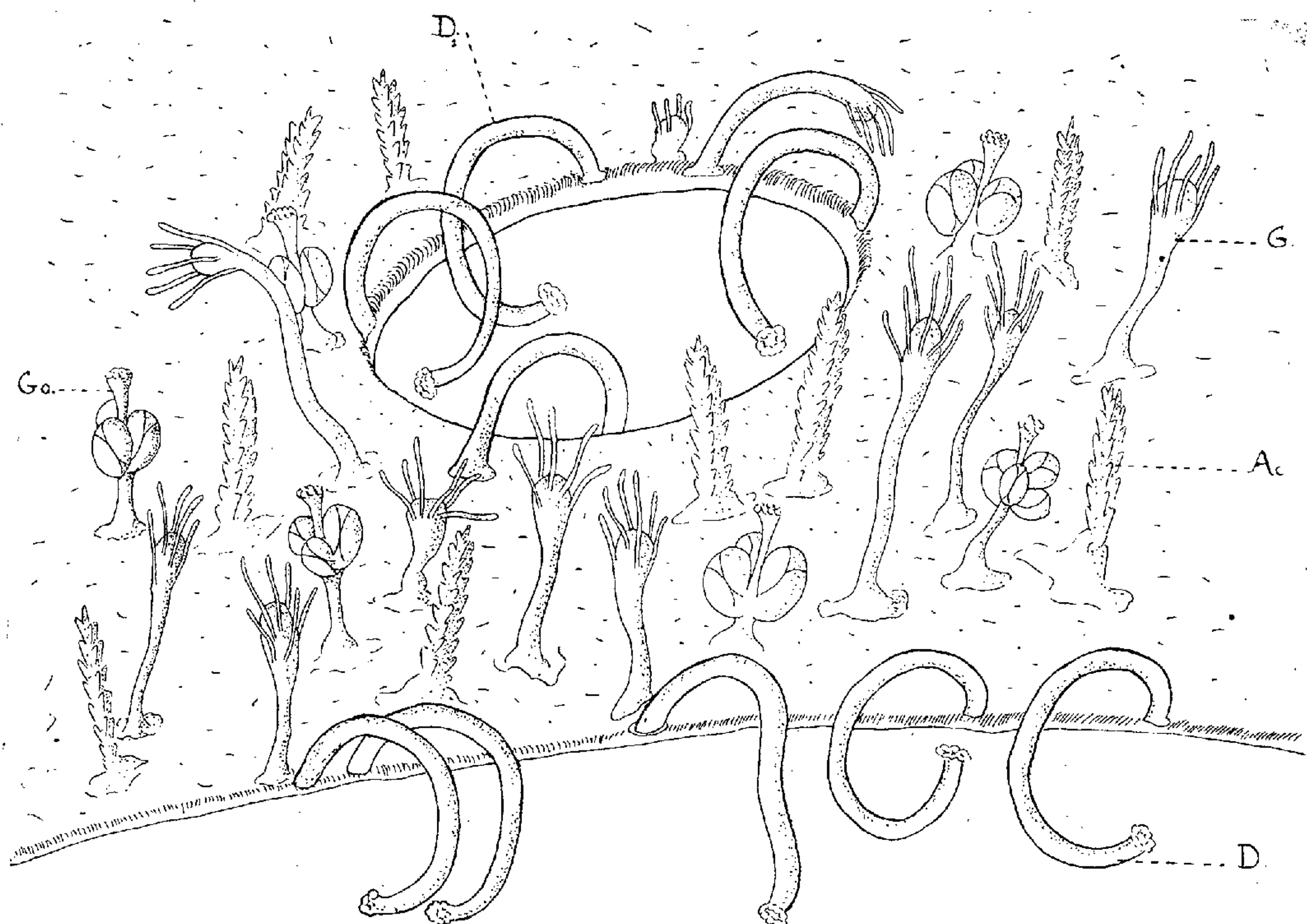
EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la morphogenèse des dactylozoïdes d'*Hydractinia echinata *Flem.* Note de Mlle **Jeanne-Marie Daniaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le polymorphisme de certains Hydraires coloniaux pose, quant aux facteurs de leur morphogenèse normale, un problème qui ne semble pas avoir été abordé jusqu'ici : quels sont les mécanismes qui déterminent, en tel point de la colonie, le développement de telle catégorie de zoïdes, plutôt que de telle autre ? Chez des formes telles que les *Hydractinia*, en particulier, quels sont les facteurs responsables de la localisation des dactylozoïdes exclusivement en bordure du péristome de la coquille, alors que les gastrozoïdes, gonozoïdes et acanthozoïdes sont répartis sur toute sa surface ? La différenciation des premiers tient-elle à une « prédétermination » propre à cette région de l'hydrorhize ? Ou pourrait-elle être provoquée par une modification « épigénétique » de facteurs externes, dans n'importe quelle région de la colonie ?

Pour répondre à cette question, j'ai effectué des incisions, d'ampleur variée, dans des coquilles de Gastéropodes encroûtées d'*Hydractinia echinata* : échancrures triangulaires ou rectangulaires du péristome, ou perforations circulaires plus ou moins éloignées du péristome, ou une combinaison de ces deux opérations. Les résultats ont été identiques dans tous les cas et constants : sur le bourrelet de cicatrisation, qui apparaît dans les 48 h, se développent (vers le 5e jour) des zoïdes qui (vers le 12e jour) se différencient, les uns en gastrozoïdes, les autres en dactylozoïdes identiques aux témoins et présentant les mêmes battements synchrones caractéristiques. Il arrive d'ailleurs de récolter des coquilles à *Hydractinia* qui, à la suite d'une cassure accidentelle, présentent ce même développement de dactylozoïdes sur le rebord de la cassure.

La zone de régénération ainsi suscitée présente les particularités : 1° de constituer une coupe verticale à travers l'hydrorhize; 2° de surplomber le milieu extérieur aqueux. Afin de dissocier ces deux facteurs j'ai effectué des abrasions diversement localisées, en enlevant des fragments d'hydrorhize sans pourtant entamer la coquille. Les résultats ont été identiques aux précédents, à cela près que les dactylozoïdes néoformés ne présentent pas les battements

caractéristiques, à moins qu'ultérieurement ne soit enlevé le fragment de coquille sous la zone abrasée.



Hydractinia echinata. Développement de dactylozoïdes (D_1) sur le pourtour d'une perforation circulaire éloignée du rebord péristonien. Ac, acanthozoïdes; D, dactylozoïdes; G, gonozoïdes.

Conclusion. — La différenciation de dactylozoïdes au bord du péristome tient aux particularités, non du matériel formateur localisé en cette région, mais des conditions de milieu qui lui sont propres; elle peut être déterminée dans n'importe quelle région de la colonie, si l'on y réalise les conditions de milieu appropriées. La nature et le mode d'action de ces conditions de milieu restent à préciser.

NUTRITION. — *Teneur en trois vitamines du groupe* B *et en azote total de* Drosophila melanogaster *en fonction des stades du développement*. Note de Mme **Francine Charconnet-Harding** et M. **Claude Calet**, présentée par M. André Mayer.

Les taux de riboflavine, niacine, acide pantothénique et azote total augmentent considérablement au cours de la vie larvaire de *Dros. mel.* La pupaison marque un plateau ou même des diminutions. Un nouvel enrichissement, plus ou moins marqué selon les métabolites, se manifeste à nouveau chez la Mouche adulte. Les teneurs sont plus élevées chez la Mouche sauvage que chez les mutants *v* et *vbw*. Les écarts sont surtout accusés par la riboflavine.

Nous avons déterminé les teneurs en riboflavine, niacine, acide panto-

thénique et azote total des œufs, des larves à différents âges, des pupes blanches ou noires et des mouches adultes de trois types de drosophiles : ±, *v* et *vbw*. Le milieu alimentaire était une bouillie composée de maïs, sucre, levure sèche, agar et eau, ensemencée de levure fraîche. Les dosages de vitamines ont été effectués selon les méthodes microbiologiques classiques. Le tableau suivant rapporte les résultats exprimés en γ pour les vitamines et en milligrammes pour l'azote et calculés soit pour 1000 individus, soit par gramme de poids frais.

	v.		*vbw*.		±.	
	Pour 1000 individus.	Par gramme frais.	Pour 1000 individus.	Par gramme frais.	Pour 1000 individus.	Par gramme frais.
			Riboflavine (γ).			
Larves 2 jours.......	–	–	1	–	2,1	–
Larves 5 jours.......	8,9	–	6,6	–	10,7	–
Pupes blanches.....	13,3	10,3	8,5	7,1	16,7	14,2
Pupes noires........	9,6	8,4	7,8	7,2	13,2	10,9
Mouches ayant mangé 2 jours...........	11,5	10,7	10	9,3	13,4	12,2
			Niacine (γ).			
Œufs..............	0,6	–	0,5	–	0,8	–
Larves 2 jours.......	12,5	–	11,5	–	9	–
Larves 5 jours.......	51	–	32	–	40,5	–
Pupes blanches.....	46	33	52,5	42,5	63	48
Pupes noires........	37	33	52	47	60	50
Mouches ayant mangé 2 jours...........	80	79	68	68	80	80
			Acide pantothénique (γ).			
Œufs..............	0,6	–	0,6	–	0,6	–
Larves 2 jours.......	4	–	4	–	4,8	–
Larves 5 jours.......	12,5	–	14,5	–	15,6	–
Pupes blanches.....	32,8	29,1	31,2	32,4	35,9	31,2
Pupes noires........	31,8	28,3	24,2	24,4	25,7	23,6
Mouches ayant mangé 2 jours...........	35,9	30,1	34,3	27,6	43,7	36,2
			Azote total (mg).			
Larves 2 jours.......	7	–	4,5	–	6	–
Larves 5 jours.......	20	–	29	–	28	–
Pupes blanches.....	37,5	33,5	36,5	36,5	41	35
Pupes noires........	38	35	36	36	42	37
Mouches ayant mangé 2 jours...........	42	34,2	41,5	34	46,5	42

En gros, le sens des variations est identique pour les quatre métabolites étudiés : énorme accumulation au cours de la vie larvaire, plateau ou diminution durant la pupaison, nouvel enrichissement chez les mouches adultes alimentées normalement.

Dans l'ensemble les individus sauvages sont nettement plus riches en certaines vitamines que les mutants *v* qui eux-mêmes l'emportent sur les mutants *vbw*. Il se peut que la richesse en riboflavine soit en relation avec la pigmentation des yeux. Le pourcentage de niacine est de même ordre de grandeur dans la drosophile et dans le muscle de mammifère (80 γ : g frais). Par contre, la concentration en acide pantothénique est nettement plus élevée dans la mouche (30γ environ contre 5γ dans le muscle de rat). Les valeurs que nous obtenons pour *Drosophila melanogaster* recoupent les résultats rapportés par Williams pour *Drosophila virilis* (1).

GÉNÉTIQUE. — *Albinisme partiel, d'origine génétique, chez le Crapaud ordinaire* (Bufo bufo). Note de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

La méthode de gynogenèse (développement virginal de l'ovule sous l'influence d'un spermatozoïde) est très facilement applicable aux ovules du Crapaud ordinaire (*Bufo bufo* L.), et l'on peut en tirer, moyennant certaines précautions, un grand nombre de produits vigoureux et diploïdes, capables de franchir l'âge de la métamorphose (1). Parmi ces « gynogènes » se manifestent parfois des anomalies qu'on a lieu de considérer comme génétiques : l'hypothèse la plus simple est de supposer qu'elles sont en rapport avec le redoublement d'un gène récessif, porté par la femelle.

C'est ainsi que nous avons observé, dans quelques-uns de nos élevages gynogénétiques, l'apparition d'une polydactylie postérieure faible (par bifurcation de l'orteil 1), et aussi d'une « diplopodie », caractérisée par la présence de huit doigts aux membres postérieurs et aux membres antérieurs (2).

La nouvelle anomalie, qui fait l'objet de la présente Note, consiste en un défaut de pigmentation (*albinisme partiel*).

Dans un lot de *neuf* larves d'origine gynogénétique, toutes provenant d'une même ponte, on distingue *trois* individus qui, au lieu de la coloration noirâtre habituelle, présentent une coloration grise, très claire. Le tégument est si peu pigmenté dans la région ventrale qu'il laisse voir, par transparence, les principaux organes internes. En outre, la pupille, au lieu d'être franchement sombre, comme elle l'est constamment dans cette espèce, est vaguement rosée, ce qui indique l'absence ou, tout au moins, une forte réduction du pigment choroïdien.

Le fait que les trois larves appartiennent à un même lot parle nettement en faveur de l'origine génétique de l'anomalie. L'une d'entre elles périt avant la poussée des pattes postérieures; la deuxième atteignit la métamorphose, mais

(1) *Vitamins and Hormones*, 1, 1943, p. 229-246,

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2130.

(2) *Ibid.*, 232, 1951, p. 2043.

succomba quelques jours plus tard; la troisième a donné un petit imago, qui est encore actuellement en vie. Agé de trois mois, il mesure 2 cm; il s'alimente bien, et paraît doué d'une vigueur et d'un comportement normaux, à cela près que sa vue semble assez défectueuse, autant qu'on en peut juger par ses réactions à l'égard des proies (drosophiles à ailes vestigiales).

La coloration de l'animal est restée très claire, surtout sur les membres. Les glandes à venin et notamment les paratoïdes, sont d'un blanc sale. L'iris est argenté (et non doré), la pupille rosée. Le tégument est un peu moins transparent qu'il ne l'était chez le Têtard; cependant on aperçoit les vaisseaux sanguins des membres, surtout ceux des membres antérieurs.

L'examen de l'hypophyse n'a pas été fait chez les deux larves qui ont péri, mais il est improbable que l'anomalie de pigmentation soit due à une déficience de la *pars intermedia*, car les mélanophores ne sont pas seulement plus petits mais beaucoup moins nombreux que chez les larves témoins.

J'avais déjà obtenu, par gynogenèse, plusieurs têtards à coloration grise et à pupille claire, mais ils avaient péri dans le premier âge, ce qui m'avait donné à penser que le gène en question exerçait un effet létal. Certains de ces têtards gris présentaient des anomalies de la denture, qui faisaient défaut dans les trois larves dont on vient de parler.

L'albinisme, soit partiel soit total, n'a pas été signalé dans la nature chez le Crapaud ordinaire. Sur 60 000 crapauds examinés en ces dernières années, je n'en ai pas rencontré un seul cas. En revanche, il a été observé chez des larves et des adultes de Crapaud vert (*Bufo viridis*). par Born, Camerano, Boulenger, et aussi chez divers Anoures (*Rana temporaria, Alytes obstetricans*, etc.).

Cette anomalie ne doit pas être confondue avec la coloration *jaune doré* que présentent, exceptionnellement, les larves du Crapaud ordinaire, et que j'ai précédemment signalée sous le même nom d'albinisme partiel. Cette dernière peut apparaître dans des élevages normaux (non gynogénétiques) : on trouve, par exemple, deux ou trois larves dorées parmi des centaines de larves à coloration typique. La coloration *jaune doré* est en rapport avec une contraction des mélanophores et une abondance inusitée des cellules pigmentaires dorées; elle s'est montrée, à plusieurs reprises, associée à la *synrhinie* (fusion des deux narines).

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Conservation et dilution du sperme de Cheval et de Baudet. Nouveau dilueur à base de lait.* Note de MM. **Martial Laplaud, Robert Bruneel** et Mlle **Hélène Galland**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les recherches qui font l'objet de la présente Note ont été poursuivies du 16 août 1949 à fin avril 1950. Le sperme était recueilli avec le vagin artificiel [1], placé aussitôt à l'abri de l'air, de la lumière, et des chocs thermiques,

[1] *C. R. Acad. Agric.*, 36, 1950, p. 351.

dans un récipient spécial. Le transport de la salle de collecte au laboratoire demandait 8 minutes. Le liquide spermatique subissait alors un examen quantitatif et qualitatif aussi complet que nous le permettait l'équipement de notre laboratoire. D'une manière générale, la régularité dans la durée de conservation du sperme d'étalon et de baudet est difficile à obtenir, car, pour des collectes successives d'un même étalon ou de plusieurs préparées dans des conditions identiques, le temps de survie est influencé par la proportion du nombre des morts et anormaux au départ. Or cette marge d'oscillation est d'importance. Voici quelles furent nos étapes :

1° Répétition, pour le sperme de cheval et de baudet, des expériences de conservation en tubes, de sperme pur recouvert d'huile de paraffine, comme dans nos travaux de Rambouillet sur le sperme de chien, de bélier et de taureau (²). Le sperme est resté vivant moins de 24 heures, car il est très fragile.

2° Essai d'un grand nombre de dilueurs. Durée de conservation de l'ordre de 24 heures, conformément aux publications. Cependant, pour le dilueur de Berliner et l'un des dilueurs russes de Milovanov, les observations ont été plus favorables, et une grande partie des spermatozoïdes n'ont été immobiles qu'après 48 heures. La composition du dilueur de Berliner est la suivante : 1 l eau distillée, 57,6 g glucose anhydre, 6,7 g tartrate de K et Na, plus 30 % de jaune d'œuf. Celle du dilueur de Milovanov se présente ainsi : 1 l eau distillée, 68,5 g glucose anhydre, 1,5 g tartrate double de K et Na, 0,08 g acide tartrique.

3° Le 5 octobre 1949, expérience indicative à résultats irréguliers aboutissant au mélange, avec du lait de vache cru, des dilueurs au tartrate américain et russe. La durée de conservation est accrue, mais, après deux jours, gênée par le développement microbien.

4° Remplacement du lait de vache cru par un lait de vache bouilli et filtré, partiellement écrémé à la façon ménagère, dans la proportion de 1 pour 1, l'ensemble homogénéisé par agitation, permettant trois et quatre jours de survie et l'utilisation du sperme. On peut même constater des durées exceptionnelles, certains tubes flêchant encore le 13e jour et une conservation de la motilité jusqu'au 18e jour, mais sperme inutilisable. Pendant les deux premiers jours, le sperme reste semblable à lui-même, puis sa valeur baisse d'une façon continue; généralement, après quatre jours, la majorité des spermatozoïdes flêchent très bien, mais la flore microbienne se développe rapidement. Le dilueur de Berliner, dans lequel le jaune d'œuf est remplacé par le lait, donne des résultats comparables à celui de Milovanov. Si l'on utilise le lait de chèvre au lieu de celui de vache, la conservation est aussi bonne, sinon meilleure, avec plus de facilité pour l'examen microscopique. Nous avons également gélatiné ces milieux à 30 % ; on prolonge ainsi souvent la survie, le nombre des morts diminue, mais l'activité des « flêcheurs » est freinée. Nous avons essayé le

(²) *C. R. Acad. Agric.*, 31, 1945, p. 34.

lévulose à la place du glucose sans succès, ainsi que l'albumine d'œuf. Le lait écrémé à la centrifugeuse n'assure pas une bonne garde. Conclusion : intéressant, ce dilueur au lait bouilli, donne des résultats irréguliers dus aux différences dans la composition du lait.

5° Alors nous avons pensé à utiliser un lait de vache pur, homogénéisé, entier, concentré, non additionné de sucre, auquel rien n'a été ajouté, stérilisé, exempt de tout germe bactérien, de composition régulière parce qu'il résulte d'un mélange des laits récoltés avant évaporation sous le vide à 60 % d'eau environ. Rendu inécrémable, sa matière grasse est émulsionnée très finement, ce qui intéresse la visibilité au microscope. On le trouve aisément dans le commerce. D'après les vendeurs, la composition à peu près constante de ce lait Gloria est la suivante pour 100 g : matière grasse 7,85; extrait sec non gras 17,65, dont : protéine 7, lactose 9,15, sels 1,5 et extrait sec total 25,50.

On ajoute donc le lait Gloria au dilueur de Milovanov dans la proportion de 1 pour 1. Les temps de conservation sont nettement améliorés et surtout les résultats sont beaucoup plus constants. Pour les spermes de très bonne qualité, une conservation de la motilité initiale de 4 jours est courante. Après ce délai, on note un fléchissement plus ou moins rapide. Pour neutraliser le développement microbien, nous ajoutons au dilueur ainsi constitué 6 g : l d'exoseptoplix 1162 F (paramine phénylsulfamide).

La température la plus favorable pour la conservation du sperme, est en moyenne de + 8°, comprise entre + 5 et + 10°. Nous avons eu de très bons résultats avec + 3°.

Tous les essais précédents ont été effectués en tubes de verre. Nous avons pu également réaliser avec succès la conservation du sperme de cheval et de baudet en paillettes d'acétate de cellulose du modèle Cassou, d'une capacité de 1 cm³, puis de 12 cm³, refroidies progressivement dans un bain d'eau sur lequel flottent des morceaux de glace, et placées à + 8 au frigorifique ou en bouteille thermos. La durée de survie dans les paillettes est sensiblement la même que dans les tubes de verre.

Nous ne connaissons pas de publications sur l'emploi du lait comme dilueur de sperme, mais nous avons trouvé dans le livre de Perry (p. 4 et 5), que le professeur Hoffmann, de Stuttgart, vers 1900, recueillait le sperme dans le tractus génital de la jument à l'aide d'un spéculum et d'une seringue. Le sperme était ensuite aspiré avec une seringue spéciale, dilué avec du lait de vache et injecté dans l'utérus. Notre méthode utilisant du sperme pur, dilué, conservé et transporté est très différente de celle d'Hoffmann. Il paraît que les Russes se sont servis également de dilueurs à base de lait, mais malheureusement nous ne connaissons pas leurs travaux. D'autre part, en collaboration avec Cassou, nous avons, au début de 1950, commencé l'étude encourageante de la conservation du sperme de taureau avec un nouveau dilueur à base de lait. Les événements ont interrompu nos travaux.

D'une ânesse du Poitou, inséminée par nos soins, à Saintes, le 17 juin 1950, au moyen de sperme dilué avec ce nouveau dilueur à base de lait, est née récemment une belle petite ânesse (chez M. J. Billochon, à Tusson, près de Ruffec, Charente).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Inhibition compétitive de la croissance d'un mutant de* Escherichia coli *exigeant la valine par la L-isoleucine et renversement non compétitif de l'inhibition par la L-leucine.* Note de M. **Georges N. Cohen**, Mme **Marie-Louise Hirsch** et M. **Marcel Raynaud**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Des relations d'antagonisme entre valine, leucine et isoleucine ont été observées par Gladstone [1] chez *B. anthracis*. Le présent travail, effectué avec un organisme ayant un besoin absolu de valine, permet d'étudier ces relations d'une manière quantitative.

La croissance de la souche ML 3 A, *type sauvage*, de *Escherichia coli*, n'est inhibée par l'addition d'aucun amino-acide courant dans le milieu de culture. Par contre, le mutant auxotrophe A_{20} exigeant la valine, obtenu à partir de ML 3 A par irradiation ultraviolette et sélection par la méthode à la pénicilline [2] voit sa croissance supprimée par la présence de certains amino-acides dans le milieu de culture. Nous avons analysé le cas particulier de l'inhibition par l'isoleucine.

Le mutant A_{20} croît indifféremment sur la L-valine ou sur l'acide α-céto β-méthylbutyrique (α-cétovaline) [3]. La croissance maximale est obtenue après 18 h pour une concentration finale de 10^{-5} M de L-valine ou de cétovaline. Le blocage génétique de la biosynthèse de la valine porte donc chez ce mutant sur la synthèse de la chaîne carbonée et non sur l'amination de la cétovaline.

La L-isoleucine, à une concentration égale à celle de la valine, stimule la croissance du mutant. A plus forte concentration, elle inhibe compétitivement la croissance du mutant sur la L-valine. L'index antibactérien, défini comme le rapport isoleucine/valine nécessaire pour supprimer totalement la croissance, est de 3-10 pour des concentrations de valine variant de 10^{-5} à 5.10^{-4} M. Cette relation compétitive indique que l'isoleucine interfère avec l'utilisation de la valine chez ce mutant.

L'inhibition due à la L-isoleucine est totalement supprimée par l'addition de L-leucine au milieu de culture (tableau I). L'addition d'acide α-céto-

(1) *Brit. J. Exper. Pathol.*, 20, 1939, p. 189.

(2) B. D. Davis, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 35, 1949, p. 1.

β-méthylvalérianique (α-cétoleucine) ([3]) rétablit également la croissance du mutant A_{20} inhibée par l'isoleucine. La cétoleucine paraît plus active que la leucine : elle rétablit la croissance pour des concentrations inférieures à celles de L-leucine nécessaires pour obtenir le même effet (tableau I). Ceci montre clairement que la L-isoleucine n'empêche nullement l'amination de la cétoleucine, mais plutôt la synthèse de la chaîne carbonée de la leucine.

Tableau I.

Rétablissement par la cétoleucine et la leucine de la croissance du mutant A_{20} *inhibée par l'isoleucine.*

Temps d'incubation : 20 h. Température : 37°C.
Concentrations exprimées en molarité. Croissance mesurée à l'électrophotomètre Meunier.

L-valine.	L-isoleucine.	L-leucine.	Cétoleucine.	Croissance.
0	0	0	0	0
10^{-5}	0	0	0	115
10^{-5}	10^{-4}	0	0	6
10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	0	123
10^{-5}	10^{-4}	0	10^{-5}	123

Pour une même concentration de valine, l'inhibition par des quantités croissantes d'isoleucine est de plus en plus difficilement surmontée par l'addition de leucine. Toutefois, comme le montre le tableau II, le renversement de l'inhibition est non compétitif, ce qui conduit à admettre que la L-leucine est le produit de la réaction inhibée.

Tableau II.

Renversement non compétitif par la L-leucine de l'inhibition de la croissance du mutant A_{20} *par l'isoleucine. Mêmes conditions que dans le Tableau* I.

L-valine.	L-isoleucine.	L-leucine.	Croissance.	L-valine.	L-isoleucine.	L-leucine.	Croissance.
0	0	0	3	10^{-5}	10^{-4}	5.10^{-4}	92
10^{-5}	0	0	106	»	5.10^{-4}	0	5
»	5.10^{-5}	0	25	»	»	$2,5.10^{-4}$	23
»	»	10^{-4}	110	»	»	5.10^{-4}	56
»	»	$2,5.10^{-4}$	122	»	10^{-3}	0	4
»	10^{-4}	0	3	»	»	$2,5.10^{-4}$	16
»	»	$2,5.10^{-4}$	20	»	»	5.10^{-4}	51

([3]) La cétovaline et la cétoleucine ont été obtenues par l'action de la L-ophioaminoacide oxydase du venin de *Vipera aspis* sur la L-valine et la L-leucine. Un échantillon de cétovaline de synthèse nous a été fourni par le Docteur David M. Bonner.

Bonner (4) a obtenu avec le mutant 33051 de *Neurospora crassa*, incapable de synthétiser la valine, une stimulation de la croissance par de petites quantités d'isoleucine et une inhibition totale de la croissance pour une proportion L-isoleucine/L-valine égale à 10. Toutefois, il n'a pas cherché à renverser cette inhibition par l'addition d'un autre métabolite.

Les résultats obtenus nous conduisent à étudier les relations entre l'utilisation de la valine et la biosynthèse de la leucine.

La séance est levée à 15 h 50 mn.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1951.

Bibliothèque de philosophie contemporaine fondée par Félix Alcan. L'œuvre mathématique de G. Desargues. Textes publiés et commentés avec une introduction biographique et historique; par René Taton. Paris, Presses universitaires de France, 1951; 1 vol. 23 cm (présenté par M. J. Pérès).

Id. — *L'œuvre scientifique de Monge*, par René Taton. Paris, Presses universitaires de France, 1951; 1 vol. 23 cm (présenté par M. J. Pérès).

Isoperimetric inequalities in mathematical physics. Annals of mathematics Studies. Number 27, by George Pólya and G. Szegö. Princeton, University Press, 1951; 1 vol. 25,5 cm.

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du parc national Albert. Mission G. F. De Witte (1933-1935). Fasc. 73. *Dryinidæ* (*Hymenoptera aculeata*). *Evaniidæ* (*Hymenoptera terebrantia*), par P. L. G. Benoit. Fasc. 74. *Dolichopodidæ* (*Diptera brachycera orthorrhapha*), par P. Vanschuytbroeck. Bruxelles, 1951; 2 vol. 28 cm.

Id. — Exploration du parc national de l'Upemba. *Contribution à l'étude éthologique des mammifères du parc national de l'Upemba*, par R. Verheyen. Bruxelles, 1951; 1 vol. 28 cm.

Henri-Alexandre Deslandres, by F. J. M. Stratton. Reprinted from the *Monthly notices of the royal astronomical Society*. Vol. **109**, n° 2, 1949. *Obituary notices*; 1 fasc. 25 cm.

Die Weltwirtschaft. Mitte 1951. Kiel, Institut für Weltwirtschaft and der Universität, 1951; 1 fasc. 30 cm.

---

(4) *J. Biol. Chem.*, **166**, 1946, p. 545.

Instituto nacional de nutricion. *Album graphico.* Caracas, 1951; 1 vol. 25 cm.

A Manual of the geology of India and Burma. Second edition, by R. D. OLDHAM. Third edition, revised and largely rewritten by sir EDWIN H. PASCOE. Published by the Manager of publications, Delhi, 1950; 1 vol. 26 cm.

Éphémérides nautiques ou Extrait de la Connaissance des temps pour l'an 1952. Ouvrage publié par le BUREAU DES LONGITUDES, spécialement à l'usage des marins. Paris, Gauthier-Villars, 1951; 1 fasc. 24 cm.

République française. Ministère de la France d'Outre-Mer. Office de la recherche scientifique Outre-Mer. *Exposé des activités pour les années* 1948, 1949 *et* 1950, par RAOUL COMBES. Paris, O.R.S.O.M., 1951; 1 fasc. 30,5 cm.

Université de Paris. Les conférences du Palais de la Découverte. *La viscosité des laves volcaniques et leur écoulement*, par H. SAUCIER. *Transports*, par RAOUL DAUTRY. *La culture des tissus végétaux : Principes et réalisations*, par JEAN GAUTHERET. *L'état actuel du système périodique des éléments chimiques*, par MAURICE [MOÏSE] HAISSINSKY. *Les hautes températures et le carbone*, par JEAN PARISOT. *La constitution de l'atmosphère terrestre*, par PIERRE URBAIN. Paris, s. d.; 6 fasc. 18 cm.

Université de Paris. Palais de la Découverte. Exposition, histoire et progrès de la psychiâtrie. *La production du rêve comme fait primordial de la psychopathologie*, par HENRI EY. *La clinique de la personne*, par M. LAIGNEL-LAVASTINE. *De la magie à la psychanalyse*, par G. PARCHEMINEY. *L'électroencéphalographie et ses applications médicales*, par G. VERDEAUX. *L'art dans l'examen et le traitement des maladies psychiâtriques*, par JEAN VINCHON. Paris, 1950; 5 fasc. 18 cm.

Université de Paris. Les conférences du Palais de la Découverte. Histoire des sciences. *L'histoires des sciences et la philosophie des sciences*, par ARNOLD REYMOND. *La gravitation universelle de Képler à Newton*, par ALEXANDRE KOYRÉ. Paris, 1951; 2 fasc. 18 cm.

Université de Paris. Palais de la Découverte. Exposition. L'œuvre scientifique de Blaise Pascal... et trois siècles après... *Physiologie de la plongée*, par DEMEOCQ. Paris, 1950; 1 fasc. 18 cm.

Ministère des travaux publics et des transports. Institut géographique national. Paris, 1951. *Maroc.* Carte au 100 000e. Type 22; 1 pl. 42 cm × 63,5 cm. *Maroc.* Carte au 50 000e. Type 22; 1 pl. 50 cm × 65,5 cm. *Algérie-Tunisie.* Carte au 50 000e; 1 pl. 45 cm × 61,5 cm. *France.* Carte au 20 000e. Types 1912 et 1912-1942; 1 pl. 46 cm × 62 cm. *France. Situation des révisions.* Carte au 80 000e; 1 pl. 55,5 cm × 75 cm. *France. Édition en relief.* Carte au 50 000e en couleurs; 1 pl. 48 cm × 67,5 cm. *France.* Carte au 50 000e en couleurs. Type 1922; 1 pl. 48 cm × 60 cm. Tableau I. *Nouvelle triangulation de la France. État d'avancement au* 1er *janvier* 1951. Échelle 1/1 750 000e; 1 pl. 74 cm × 89 cm. *France.* Carte au 20 000e. Édition en couleurs. Échelle de 1/1 600 000e; 1 pl. 115 cm × 74 cm. *Nivellement général de la France. Réseaux de* 1er, 2e *et* 3e *ordres. État d'avancement du réseau de* 4e *ordre au* 1 *janvier* 1951. Échelle de 1/1 400 000e; 1 pl. 74 cm × 115 cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 OCTOBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur une propriété arithmétique des suites illimitées d'entiers.* Note de M. **ÉMILE BOREL**.

On définit une propriété intéressante d'une suite indéfinie S d'entiers par rapport au système décimal, en étudiant le nombre de valeurs distinctes que peuvent prendre les nombres formés par les derniers chiffres des nombres de S.

On sait que les nombres premiers impairs se terminent par un des chiffres 1, 3, 7, 9 et que, d'autre part, si l'on donne un nombre quelconque, tel que 72469, se terminant par l'un de ces quatre chiffres, il existe une infinité de nombres premiers dont les cinq derniers chiffres sont 72469.

On peut définir de bien des manières une suite illimitée S de nombres entiers, par exemple la suite des carrés, des cubes, etc., des nombres entiers, ou bien la suite Σ des numérateurs des réduites de la fraction continue représentant $\sqrt{2}$. Pour une telle suite S, nous désignerons par N_k le nombre de valeurs distinctes des nombres de k chiffres obtenus en prenant les k derniers chiffres des nombres de S (comportant, s'il y a lieu, des zéros à leur gauche).

Pour la suite des nombres premiers, nous avons

$$N_1 = 4, \qquad N_k = 4.10^{k-1}.$$

D'une manière générale on a évidemment

$$N_2 \leqq 10 N_1; \qquad N_k \leqq 10 N_{k-1}. \tag{1}$$

Nous dirons qu'une suite de nombres est quasi normale, si parmi les inégalités (1), il y en a un nombre limité qui ne se transforment pas en égalités. En d'autres termes, pour une suite quasi normale, on a, à partir d'un certain rang,

$$N_{k+1} = 10 N_k. \tag{2}$$

La suite des nombres premiers est absolument normale car l'égalité (2) est

vérifiée pour toute valeur de N. Il en est de même dans tout système de numération.

Dans le système de base 10 et dans tout autre système, la suite des carrés, des cubes, etc., n'est pas normale. Elle est cependant presque quasi normale si la base est un nombre premier ; il faut exclure seulement les nombres se terminant par un nombre impair de zéros dans le cas des carrés.

Pour la suite Σ que nous avons définie, on montre facilement que l'on a

$$N_1 = 4, \qquad N_2 = 22; \qquad N_3 = 109.$$

Il serait très intéressant de trancher la question de savoir si cette suite Σ est ou non quasi normale. Que la réponse soit positive ou négative, il en résulterait une méthode pour aborder le problème de la nature arithmétique du développement décimal de $\sqrt{2}$. Il serait également intéressant d'étudier la suite Σ dans des systèmes de numération autres que 10.

Lorsqu'une suite n'est pas quasi normale, le rapport $N_k/10^k$ diminue lorsque k augmente; il serait désirable, mais sans doute difficile, de donner des exemples simples dans lesquels ce rapport tend vers une limite finie et d'autres exemples dans lesquels ce rapport tend plus ou moins rapidement vers zéro.

Je signale, en terminant, que les 109 valeurs des nombres de trois chiffres définis par la suite Σ, sont les suivantes :

$$A = 40n + 1, \qquad B = 40n + 3, \qquad C = 40n + 17, \qquad D = 40n + 39$$
$$(n = 0, 1, 2, \ldots, 24)$$
$$007, 607, 807; \quad 193, 393, 993; \quad 099, 499, 899.$$

Les neuf dernières peuvent être qualifiées d'aberrantes, par rapport à la régularité des 100 premières. Elles se présentent plus fréquemment, ainsi d'ailleurs que 001, 401 et 601 qui rentrent dans la formule A.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Une nouvelle race de Ricin* (Ricinus communis *L. var.* pseudoandrogyna). Note de MM. **Louis Blaringhem, Louis Chevet** et Mme **Lily Rohlfs.**

Dix générations de descendants d'une plante de 1940 montrent la persistance, dans les inflorescences basales, de fleurs hermaphrodites; bon nombre sont fécondées et donnent des graines fertiles. Il s'agit d'une nouvelle race à maturation infantile, sélectionnée à la limite Nord de la maturation du Ricin cultivé en pleine terre.

Mes collaborateurs suivent à l'Arboretum G. Allard, à Angers (Maine-et-Loire), depuis 1941, une lignée bien isolée en raison de la maturité précoce des premières inflorescences. Cette année 1951, du 10 au 14 août,

nous avons examiné les inflorescences premières de 239 plantes, en pleine croissance : 2 sont strictement femelles sans traces d'étamines ni même de filets grêles pouvant être interprétés comme ébauches de staminodes; 7 n'ont montré aucune déviation sexuelle aux caractères floraux considérés comme constants pour définir l'espèce; 228 *par contre*, présentent des fleurs (ou groupes sexués) hermaphrodites; au-dessus de la bractée et des cinq sépales, on trouve une couronne de staminodes terminés par des masses globuleuses jaunes, donc des anthères en voie de maturation et ceci sans préjudice des deux, trois ou quatre carpelles à stigmates déjà réceptifs, nettement distincts par la houppe rouge vif qu'ils forment, tranchant sur le jaune et le vert des pièces qui les entourent.

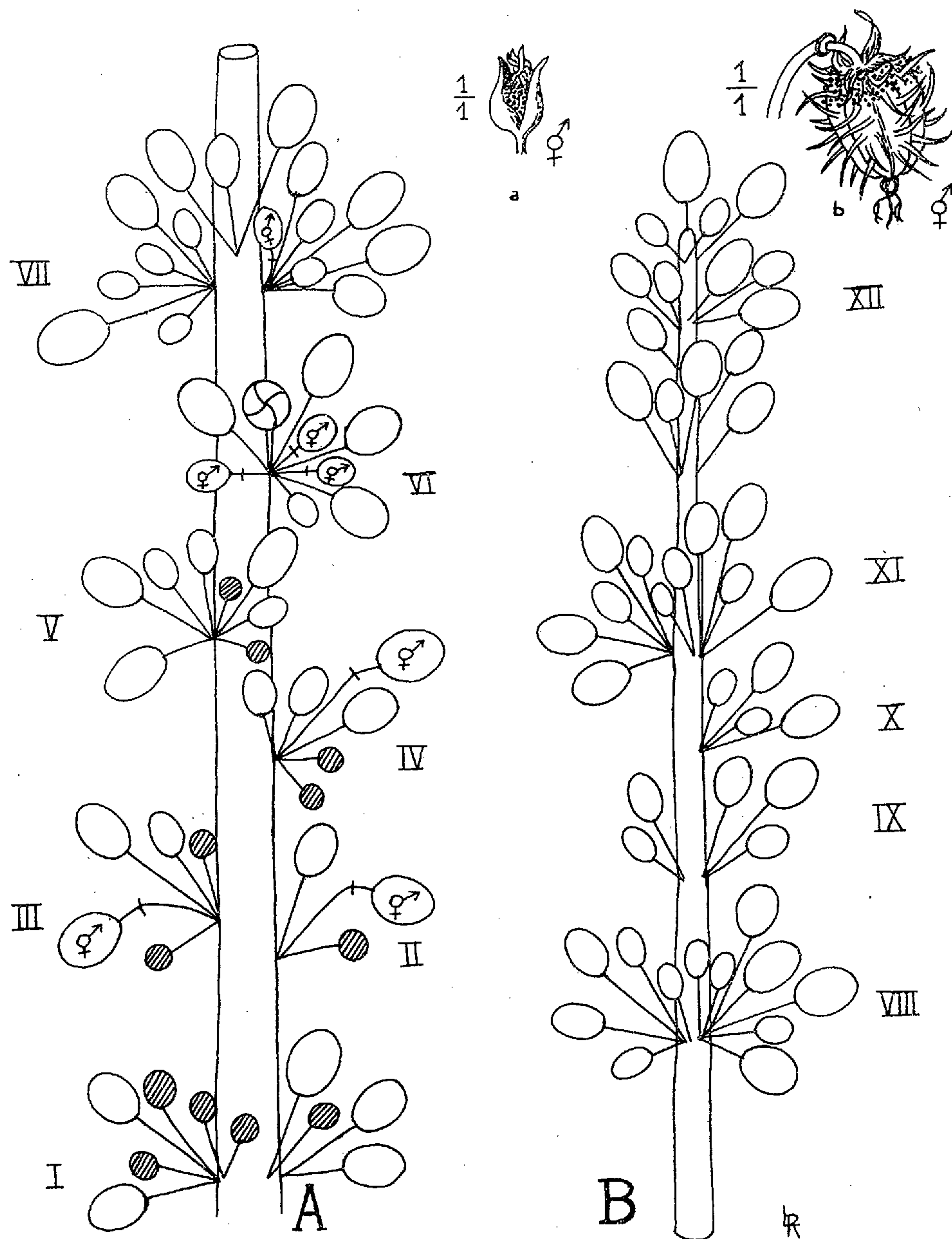
Dans toutes les fleurs *pseudoandrogyna type* ♂, les étamines en houppes écartent les sépales au nombre de cinq, étalés en cuillères; les fleurs sont *précocement* caduques et les pièces stigmatifères serrées du centre ne se développent pas malgré la présence d'un abondant pollen provenant des plantes voisines; les contrôles statistiques faits un mois plus tard ne permettent d'en noter qu'un petit nombre complètement secs. Signalons pour n'y plus revenir, que les filets des staminodes sont grêles et exceptionnellement ramifiés, alors qu'ils le sont dans les fleurs mâles normales du *Ricinus*; les anthères, souvent à une seule loge, et non deux, terminent le filet qui n'est pas bifurqué. Par contre, le nombre des fausses écailles carpellaires est élevé, dépassant parfois la dizaine et les stigmates qui en trahissent la présence, roulés en torsade, ne sont qu'exceptionnellement bifurqués (*fig. a*).

Mais certaines fleurs *pseudoandrogyna type* ♀ sont fertiles et donnent des fruits globuleux caractéristiques (*fig. b*) (fleurs dessinées au cours de la végétation fin août). Il s'agit, dans tous les cas, de fleurs portées sur des pédicelles très allongés par rapport aux pédicelles des fleurs femelles assez nombreuses et fécondées qui les entourent dans la même cyme axillaire. Toujours un fort bourrelet sépare le pédicelle de l'allongement du pédoncule floral long de 3 à 5 mm; à cette phase, où l'ovaire n'atteint que les 2/3 de la taille normale, les bractées sépaloïdes desséchées au nombre de cinq enveloppent une couronne d'abondants staminodes et il est facile de constater que les stigmates des carpelles fertiles sont bifurqués comme dans le cas des fleurs normales ♀ de *Ricinus*.

Les figures A et B réduites à 2/3 représentent une seule inflorescence de 40 cm coupée en son milieu : A, base; B, sommet. On est frappé par l'allongement de cet organe, allongement manifestement dû à la période froide de juillet accompagnée de pluies qui ont fait, en moins d'un mois, de plantes naines et sélectionnées comme telles, des plantes géantes atteignant parfois 2,50 m. Un étalement parallèle s'est produit pour l'axe des premières inflorescences, esquissées dès la mi-juin et alors en apparence

normales; la croissance végétative s'est accusée aux dépens de la floraison.

L'inflorescence d'une plante de taille moyenne (190 cm) a été dépouillée, pour la démonstration, de toutes les fleurs mâles tardives à très courts



a, fleur *pseudoandrogyna type* ⚥. — *b*, fleur *pseudoandrogyna type* ♀ fertile, fécondée trois semaines auparavant.

A + B, schéma d'une inflorescence complète; A, base; B, sommet, avec disposition respective des fleurs fertiles fin août et représentées évoluant en fruits; en hachures, fleurs ♂ tardives à courts pédoncules. Avec le signe ⚥, fleurs hermaphrodites à pédicelle fixé sur l'axe et prolongé par un pédoncule floral.

pédoncules qui tombent alors que les premières fleurs fertiles fécondées montrent un rapide gonflement des carpelles. Les fleurs mâles dessinées en grisé par traits obliques sont contemporaines des fleurs femelles fécondées de la pointe B. Remarque importante pour notre conclusion : toutes ces fleurs, strictement mâles, sont insérées dans les cymes basales de A et toutes sont portées par des pédoncules courts sans étranglement. Par opposition, les fleurs fécondées hermaphrodites (le signe ⚥ les distingue, avec le contour approximatif de l'ovaire) sont toutes saillantes, portées par un pédicelle qui peut se ramifier, prolongé par un court pédoncule à structure anatomique simplifiée. Cette particularité essentielle trahit, en fait, l'état sexuel de la jeune grappe à la phase antérieure, fin juillet-début août. La fécondation des ovaires précède toujours chez le Ricin l'aptitude à la fécondation par les fleurs mâles normales de la même grappe, qu'il s'agisse de la première inflorescence ou des inflorescences portées par les ramifications tardives.

On constate que le nombre des fleurs ⚥ fécondées n'atteint pas le dixième des fleurs ♀ fécondées à la même date, mais la plupart des fleurs hermaphrodites contemporaines (*fig. a*) sont caduques même avant leur plein épanouissement, en l'absence d'ovules sur les écailles centrales dont les stigmates ne se flétrissent pas malgré les captures de pollens provenant des plantes voisines.

Le cas de la lignée *R. communis pseudoandrogyna* cultivée à l'Arboretum G. Allard d'Angers n'est pas sans avoir été l'objet d'observations antérieures, la plus importante et identique en tous points à nos descriptions étant due à H. Baillon (1) en 1857. O. Penzig (2) cite d'autres références concordantes non seulement pour *Ricinus*, mais pour nombre de genres d'Euphorbiacées étudiés par Baillon.

L'important ici est d'affirmer que l'anomalie est héréditaire, transmise sous contrôle depuis 1941. L'un de nous a dû en attribuer (3) la démonstration à M. Louis Chevet, alors aide technique du C. N. R. S. et depuis les documents statistiques ont été contrôlés par les soins de Mme Lily Rohlfs. Voici le résumé d'un des examens faits en septembre 1951 : fleurs hermaphrodites persistantes, plantes : 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10 *bis*, 11, 14, 15, 19, 22, 23, 24, 26. La suite 22, 23, 24 indique nettement la précocité du départ de la jeune plantule et toujours en ce cas l'inflorescence est, pour la plante adulte, insérée à moins de 35 cm du sol. Notons aussi la fréquence des fructifications à quatre valves, irrégularité assez commune pour les fleurs femelles et la fréquence des fructifications à deux valves souvent

(1) *Bull. Soc. bot. France*, 4, 1857, p. 693.
(2) *Pflanzen-Teratologie*, Genua, 1, 1894, p. 288.
(3) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 525.

liées à un verticille sous-jacent de nombreux staminodes. Dans tous les cas, depuis 1940, les Ricins en question proviennent des graines, formées dans les premières grappes les plus précoces, qui sont projetées sur le sol par éclatement des coques en pleine maturité. Il s'agit donc d'une *lignée héréditaire annuelle à caractères infantiles* pour une espèce qui, originaire de l'Inde et cultivée dans le Nord africain, y devient un arbre perenne à fructifications successives à partir de la troisième année.

M. **Louis Hackspill** présente le second volume de la *Chimie physique* de M. Guy Emschwiller, paru dans la collection « Euclide » dont il dirige la Section de chimie.

M. **Pierre Pruvost** fait hommage à l'Académie d'un fascicule intitulé : *L'Infracambrien*.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Gaston Ramon** :

Le Chloramphénicol. Chloromycétine de Parke, Davis et Cie, Tifomycine de Roussel et ses applications thérapeutiques, par Constantin Levaditi, en collaboration avec Aron Vaisman et Mme Henry-Eveno, Mlle Jacqueline Veillet et M. Th. Sandor.

PLIS CACHETÉS.

M. **V. A. Nicolsky** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 16 janvier 1950 et enregistré sous le n° 12641.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Méthode de calcul des dalles champignons appuyées et limitées sur un contour.*

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

CORRESPONDANCE.

M. **Maurice Roy** est adjoint à la délégation chargée de représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu à Tarbes, à l'occasion du centième anniversaire de la naissance du **Maréchal Foch**.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jean-Pierre Rothé. *La structure de l'Atlantique*.

2° *Répertoire des Bibliothèques de France.* III. *Centres et Services de documentation.* Édité par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture et la Direction des Services des Bibliothèques de France.

3° Combustibles vegetales y derivados (E. N. D. E.). Direccion de Agronomia. Departamento forestal (Buenos-Aires). *Forestacion Mazaruca. Fabricacion de macetas de Barro crudo.*

4° *The national Institute of Health,* 1951 (Tokyo).

5° Conseil pour la coordination des Congrès internationaux des sciences médicales. *Bulletin trimestriel,* vol. I, nos 1-2.

6° Odesskii gosoudarstvennii Ouniversitet I. I. Metchnikova. *Izvestia astronomitcheskoi observatori.* Tom I (1, 2), Tom II (1).

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces engendrées par les cercles d'une congruence paratactique.* (I). Note (*) de MM. **Alexandre Thybaut** et **Paul Robert**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit K une congruence paratactique de cercles, rapportée à trois axes de coordonnées rectangulaires; l'origine O est le point central, l'axe Oz, l'axe central. L'unité de longueur est le rayon du cercle central conjugué de Oz dans la congruence. Les cercles de K seront appelés *cercles* (C) et toute surface engendrée par ces cercles, surface Σ.

1. La donnée d'une surface Σ équivaut à celle de sa *ligne des centres* L, lieu du centre C du cercle (C) générateur de Σ; ou encore à celle de sa *courbe focale* G, lieu du symétrique g du point fixe P(0, 0, 1) par rapport au plan du cercle (C). La droite Og est la seconde focale de (C) issue de O, la première étant Oz. L est située dans le plan central, et G sur la sphère centrale.

La ligne L se déduit de G (et C de g) par l'opération anallagmatique produit de l'inversion de pôle P, de puissance 2, par la rotation d'angle $\pi/2$ autour de Oz.

Selon que g est point ordinaire ou singulier de G, le cercle (C) correspondant sera dit *ordinaire* ou *singulier.*

Les surfaces Σ les plus simples sont les cyclides de Dupin, et, comme il est bien connu, leurs courbes G sont des cercles; la ligne L d'une telle cyclide est un cercle ou une droite selon que Σ ne contient pas ou contient Oz.

2. L'intersection (réelle) de deux surfaces Σ est composée de cercles (C); l'angle α des deux surfaces, constant le long d'un cercle (C_0) commun, est égal à l'angle des courbes G, G′ correspondantes en leur point g_0 commun, supposé ordinaire sur G et sur G′; ou encore, quand (C_0) n'est pas l'axe central, α est l'angle en C_0 des lignes L, L′.

(*) Séance du 1er octobre 1951.

En particulier le contact des courbes G et G′ en g_0, ou des lignes L, L′ en C_0, entraîne le raccordement des surfaces Σ, Σ′ le long du cercle (C_0).

Une surface Σ a une infinité simple de cyclides de Dupin de raccordement le long d'un de ses cercles (C_0). Il en résulte que la surface (algébrique) N engendrée par les normales à Σ le long de (C_0), contient une infinité simple de couples de coniques focales : par toute droite menée dans le plan central par O passent les deux plans, rectangulaires, des coniques d'un tel couple.

3. Soit F un foyer ordinaire de la ligne des centres L d'une surface Σ, c'est-à-dire le point de rencontre de deux tangentes isotropes dont les points de contact T, T′ avec L sont à distance finie. Le cercle (F) de la congruence K est l'intersection de deux cônes isotropes circonscrits à Σ le long des cercles (T), (T′) de Σ. (F) sera dit un *cercle focal* de Σ; cette notion est anallagmatique.

4. Si les courbes focales G, G′ des deux surfaces Σ, Σ′ sont osculatrices en un point g_0 ordinaire sur G et sur G′ (ou si L, L′ sont osculatrices au point C_0), Σ et Σ′ sont osculatrices le long de (C_0). Une surface Σ a une cyclide de Dupin osculatrice le long de chaque cercle ordinaire (C_0). On peut en déduire qu'une surface Σ ayant un cercle comme ligne de courbure est une cyclide de Dupin.

5. Coupons Σ par une sphère S passant par le cercle (C_0) de K, définie par l'angle φ du plan de (C_0) avec S. Considérons le cône, de sommet O, qui passe par l'intersection de Σ et de S; coupons ce cône par le plan mené par P et parallèle au plan de (C_0); soit λ la projection, sur le plan central, de la section obtenue. *On peut déduire* λ *de la ligne des centres* L *de* Σ *par le produit des opérations suivantes :* 1° *la translation de vecteur* $\overrightarrow{C_0O}$; 2° *l'inversion de pôle* O, *de puissance* $|\operatorname{cosec}\varphi|$; 3° *la rotation, autour de* O*z*, *d'amplitude* (— φ).

Si (C_0) est un cercle ordinaire de Σ, la sphère S est tangente à Σ en deux points réels, distincts M, M′ qui se correspondent dans l'inversion principale de K. En dehors de (C_0), l'intersection de Σ et de S est une courbe Γ qui passe par M et M′; il existe un cercle γ de S, tangent à Γ en M et M′. Lorsque φ varie, γ décrit la cyclide osculatrice à Σ le long de (C_0). Ces considérations permettent de déterminer les directions principales de Σ en un point quelconque de (C_0); il suffit d'utiliser la sphère S qui est tangente en ce point M à Σ.

6. L'emploi de la notion de puissance réduite, due à André Bloch, permet de déduire, de propriétés métriques de la ligne des centres L, des propriétés de la surface Σ correspondante.

Ainsi supposons qu'une cyclide de K ait pour ligne des centres L un cercle de centre A et de rayon r; soit (A) le cercle de K dont le centre est A, et soit R son rayon. M étant un point quelconque de cette cyclide, $\mathfrak{P}$ la puissance réduite de M par rapport à (A), et MH la distance de M à l'axe central Oz, l'équation de la cyclide s'écrit $\mathfrak{P}/\mathrm{MH}=r/\mathrm{R}$. Plus généralement, r et r' étant les distances d'un point quelconque de L à deux points fixes A, A′ du plan central,

considérons les équations

$$f(r, r') = 0 \qquad f\left(\frac{\mathfrak{P}\mathrm{R}}{\mathrm{MH}}, \frac{\mathfrak{P}\mathrm{R}'}{\mathrm{MH}}\right) = 0$$

dans lesquelles les notations précédentes ont été conservées. *Si la première représente la ligne* L, *la seconde représente la surface* Σ.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Les prolongements d'une variété différentiable*. II. *L'espace des jets d'ordre r de* V_n *dans* V_m. Note (*) de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note fait suite à une Note antérieure ([1]). Étant donné deux r-variétés V_n et V_m, nous allons définir trois structures fibrées sur l'espace $J^r(V_n, V_m)$ des r-jets de V_n dans V_m : la première de base $V_n \times V_m$, la deuxième de base V_n, la troisième de base V_m; les fibres sont respectivement isomorphes à $L^r_{m,n}$, $T^r_n(V_m)$, $T^{r\star}_m(V_n)$, munis des groupes structuraux $L^r_n \times L^r_m$, L^r_n, L^r_m.

Pour $X \in J^r(V_n, V_m)$ soit $\alpha(X)$ la source de X, $\beta(X)$ le but de X. α est l'application canonique de $J^r(V_n, V_m)$ sur V_n, β l'application canonique sur V_m et $\gamma = (\alpha, \beta)$ l'application canonique sur $V_n \times V_m$.

Pour $X \in J^r(R^p, V_n)$, posons $\partial^r X = X \partial^r x$, où $x = \alpha(X)$, $\partial^r x = j^r_0(t^{-1}_x)$. Pour $(f, x) \in C^r(R^p, V_n)$, posons $\partial^r_x f = f \partial^r x$. La p^r-vitesse de V_n d'origine $x' = \beta(X)$ [resp. $f(x)$] définie par $\partial^r X$ (resp. $\partial^r_x f$) est appelée *vitesse d'ordre r* de X (resp. f) en x où à l'instant x.

Pour $X \in J^r(V_n, R^p)$, la *différentielle d'ordre* r de X est $d^r X = (d^r x')X$, où $x' = \beta(X)$, $d^r x' = j^r_{x'}(t_{x'})$. Si X est inversible (de rang $n = p$), $d^r X \in H^{r\star}(V_n)$ est l'inverse de $\partial^r(X^{-1}) \in H^r(V_n)$; $d^r x$ est l'inverse de $\partial^r x$, où $x \in R^p$. Rappelons la notation $d^r_x f = (d^r x')(f, x)$, où $(f, x) \in C^r(V_n, R^p)$, $x' = f(x)$.

Soit $X \in J^r(R^n, R^m)$, $x = \alpha(X)$, $x' = \beta(X)$. Appelons *dérivée d'ordre r* de X l'élément $(d^r x') X \partial^r x = (d^r X) \partial^r x = (d^r x') \partial^r X$; c'est un élément de $L^r_{m,n}$ qu'on peut noter aussi $d^r X / d^r x$. Pour $(f, x) \in C^r(R^n, R^m)$, la dérivée d'ordre r de f en x est l'élément f^r_x de $L^r_{m,n}$ défini par $f^r_x = (d^r x') f \partial^r x$, où $x' = f(x)$. On a $d^r_x f = f^r_x d^r x$, $\partial^r_x f = (\partial^r x') f^r_x$, ce qui justifie la notation $f^r_x = d^r_x f / d^r x$. Si $X \in J^r(R^n, R^m)$ et $X' \in J^r(R^m, R^p)$ admettent le composé $X'X \in J^r(R^n, R^p)$, l'associativité de la composition des jets entraîne

$$\frac{d^r(X'X)}{d^r x} = \left(\frac{d^r X'}{d^r x'}\right)\left(\frac{d^r X}{d^r x}\right), \qquad x = \alpha(X), \qquad x' = \beta(X) = \alpha(X').$$

Pour $(f, x) \in C^r(R^n, R^m)$ et $(g, x') \in C^r(R^m, R^p)$, où $x' = f(x)$, on a

$$(gf)^r_x = g^r_{x'} f^r_x; \qquad d^r_x(gf) = g^r_{x'} d^r_x f; \qquad \partial^r_x(gf) = g \partial^r_x f = (\partial^r_{x'} g) f^r_x.$$

(*) Séance du 24 septembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 598.

$J^r(R^n, R^m)$ s'identifie canoniquement à $R^n \times R^m \times L^r_{m,n}$ par l'application $X \to (x, x', y)$ où $X \in J^r(R^n, R^m)$, $x = \alpha(X)$ $x' = \beta(X)$, $y = d^r X/d^r x \in L^r_{m,n}$. Soit $\Lambda^r_n \times \Lambda^r_m$ le pseudogroupe de transformations dans $R^n \times R^m$ formé par l'ensemble des transformations $(\varphi, \psi) : (x, x') \to (\varphi(x), \psi(x'))$, où $\varphi \in \Lambda^r_n$, $\psi \in \Lambda^r_m$, $(x, x') \in R^n \times R^m$ tel que $\varphi(x)$ et $\psi(x')$ soient définis. Le pseudogroupe $\Lambda^r_n \times \Lambda^r_m$ se prolonge à $J^r(R^n, R^m)$: (φ, ψ) $X = (j^r_{x'}, \psi)$ $X(j^r_{\varphi(x)}\varphi^{-1})$. La transformation $X \to (\varphi, \psi)X$ correspond dans $R^n \times R^m \times L^r_{m,n}$ à la transformation

$$(x, x', y) \to (\varphi(x), \psi(x'), \psi^r_{x'} y (\varphi^r_x)^{-1}), \qquad \text{où} \qquad \varphi^r_x \in L^r_n, \qquad \psi^r_{x'} \in L^r_m.$$

Soient V_n et V_m deux r-variétés, A un atlas de V_n sur R^n, A' un atlas de V_m sur R^m. $g \in A$ est un r-isomorphisme d'un ensemble ouvert de R^n sur un ensemble ouvert de V_n. L'ensemble des couples (g, g'), où $g \in A$, $g' \in A'$, forme un atlas $A \times A'$ de $V_n \times V_m$ sur $R^n \times R^m$. La carte (g, g') admet le prolongement suivant formant une carte locale de $J^r(V_n, V_m)$ sur $J^r(R^n, R^m)$:

$$X \to (j^r_{x'} g') X (j^r_{g(x)} g^{-1}) = h_{x'} y h_x^{-1} \in J^r(V_n, V_m),$$

où $X \in J^r R^n, R^m)$, $x = \alpha(X)$, $x' = \beta(X)$, $y = d^r X/d^r x = (d^r x') X \partial^r x$,

$$h_x = \partial^r_x g = g \partial^r x \in H^r(V_n), \qquad h_{x'} = g' \partial^r x \in H^r(V_m).$$

En identifiant $J^r(R^n, R^m)$ à $R^n \times R^m \times L^r_{m,n}$, ce prolongement de (g, g') s'écrit aussi : $(x, x', y) \to h_{x'} y h_x^{-1}$. La carte $(g\varphi^{-1}, g'\psi^{-1})$, où $(\varphi, \psi) \in \Lambda^r_n \times \Lambda^r_m$, admet le prolongement $(\varphi(x), \psi(x'), y) \to h_{x'}(\psi^r_{x'})^{-1} y \varphi^r_x h_x^{-1}$, en tenant compte de l'égalité $\partial^r_{\varphi(x)}(g\varphi^{-1}) = h_x(\varphi^r_n)^{-1}$. A ces deux cartes locales de $J^r(V_n, V_m)$ correspond le changement de carte suivant : $(x, x', y) \to (\varphi(x), \psi(x'), \psi^r_x y(\varphi^r_{x'})^{-1})$.

Il en résulte le théorème :

Théorème 1. — *Sur l'espace $J^r(V_n, V_m)$ le prolongement de l'atlas $A \times A'$ détermine une structure fibrée de base $V_n \times V_m$, de projection γ, de fibres isomorphes à $L^r_{m,n}$ de groupe structural $L^r_n \times L^r_m$, admettant $H^r(V_n) \times H^r(V_m)$ comme espace fibré principal associé.*

L'élément (h, h') de $H^r(V_n) \times H^r(V_m)$ détermine l'isomorphisme $y \to h' y h^{-1}$ de $L^r_{m,n}$ sur une fibre de cette structure fibrée. Il faut remarquer aussi que (g, g') admet le prolongement suivant formant une carte locale de $H^r(V_n) \times H^r(V_m)$ sur $V_n \times L^r_n \times V_m \times L^r_m$: $(x, s, x', s') \to (h_x s . h_{x'} s')$, où $s \in L^r_n$, $s' \in L^r_m$.

Théorème 2. — *L'atlas A admet un prolongement formant un atlas de $J^r(V_n, V_m)$ sur $J^r(R^n, V_m)$ et déterminant sur $J^r(V_n, V_m)$ une structure fibrée de base V_n, de projection α, de fibres isomorphes à $T^r_n(V_m)$, de groupe structural L^r_n, admettant $H^r(V_n)$ comme espace fibré principal associé. L'élément h de $H^r(V_n)$ détermine l'isomorphisme $z \to zh^{-1}$ de $T^r_n(V_m)$ sur une fibre de cette structure fibrée, $z \in T^r_n(V_m)$.*

Théorème 2'. — *L'atlas A' admet un prolongement formant un atlas de $J^r(V_n, V_m)$ sur $J^r(V_n, R^m)$ et déterminant sur $J^r(V_n, V_m)$ une structure fibrée*

de base V_m, *de projection* β, *de fibres isomorphes à* $T_m^{\prime r*}(V_n)$ *de groupe structural* L_m^r, *admettant* $H^r(V_m)$ *comme espace fibré principal associé. L'élément* h' *de* $H^r(V_m)$ *détermine l'isomorphisme* $z' \to h'z'$ *de* $T_m^{\prime r*}(V_n)$ *sur une fibre de cette structure fibrée,* $z' \in T_m^{\prime r*}(V_n)$.

Pour démontrer le théorème 2, on identifie canoniquement l'espace $J^r(R^n, V_m)$ à $R^n \times T_n^r(V_m)$ par l'application $X \to (x, \partial^r X)$, où $X \in J^r(R^n, V_m)$, $x = \alpha(X)$. La carte $g \in A$ admet le prolongement $X \to (\partial^r X) h_x^{-1}$, équivalent à $(x, z) \to z h_x^{-1}$, $z = \partial^r X \in T_n^r(V_m)$, $z h_x^{-1} \in J^r(V_n, V_m)$, ce qui définit une carte locale de $J^r(V_n, V_m)$ sur $R^n \times T_n^r(V_m)$. Le changement de carte $\varphi \in \Lambda_n^r$ admet le prolongement $(x, z) \to (\varphi(x), z(\varphi_x^r)^{-1})$.

Définition. — Une section de la structure fibrée de $J^r(V_n, V_m)$ *de base* V_n *sera appelée un r-flot de* V_n *dans* V_m*; une section de la structure fibrée de* $J^r(V_n, V_m)$ *de base* V_m *sera appelée un r-champ de* V_n *dans* V_m*. Un flot dont les éléments sont des* p^r*-covitesses sera appelée une forme différentielle* (²) *d'ordre r sur* V_n.

Dans une autre Note nous étudierons les singularités d'un flot ou d'un champ.

ASTRONOMIE. — *Détermination des orbites paraboliques à partir de plusieurs observations.* Note de M. **Benjamin de Jekhowsky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Soient t'_i les i temps d'observation de l'astre; λ_i, μ_i, ν_i, les cosinus directeurs des directions observées; ρ_i et r_i les distances géocentriques et héliocentriques aux i temps d'observation.

Les quantités τ, dépendant des intervalles de temps, et les quantités g liées à ces dernières ainsi qu'aux distances r_i seront :

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{ll} \tau_{[(2n-1),2n]} = k(t'_{2n-1} - t'_{2n}), & g_{[2(2n-1)-1]} = \tau_{[(2n-1),2n]} - \dfrac{\tau^3_{[(2n-1),2n]}}{6r^3_{2n}} \\ \tau_{(2n+1),(2n-1)} = k(t'_{2n+1} - t'_{2n-1}), & g_{2(2n-1)} = \tau_{(2n+1)(2n-1)} - \dfrac{\tau^3_{(2n+1)(2n-1)}}{6r^3_{2n}} \\ \tau_{(2n+1),2n} = k(t'_{2n+1} - t'_{2n}), & g_{2(2n-1)+1} = \tau_{(2n+1),2n} - \dfrac{\tau^3_{(2n+1),2n}}{6r^3_{2n}} \\ \multicolumn{2}{c}{(2n = i - 1,\ i = 3, 4, 5, \ldots).} \end{array}\right.$$

Les équations fondamentales du problème s'écrivent alors :

$$(2)\quad \left\{\begin{array}{l} \displaystyle\sum_{k=0,1,2}^{q=0,-1,+1} (-1)^k \omega_{2n+q}\, g_{2(2n-1)+q}\, \rho_{2n+q} - \Psi_{2n} = 0 = \Omega_{2n} \\ (\omega = \lambda, \mu, \nu;\ \Psi = A, B, C;\ \Omega = U, V, W), \end{array}\right.$$

où l'on désigne par q l'indice $q = k/2(3k - 5)$; $(k = 0, 1, 2)$.

(²) Il ne faut pas confondre cette notion avec celle de forme extérieure de degré p, qui s'en déduit dans le cas $r = 1$.

Ainsi en faisant $2n = i - 1$ avec $i = 3, 4, 5, \ldots$ on écrit tout de suite les $3(i-2)$ équations, qui résultent des combinaisons de chacun des groupes

$$(1, 2, 3), \quad (2, 3, 4), \quad (3, 4, 5), \quad (4, 5, 6), \quad \ldots \tag{3}$$

La résolution des équations (2) par les combinaisons

$$\mathrm{U}_{2n}\mathrm{Y}_{2n} = \mathrm{V}_{2n}\mathrm{X}_{2n}, \qquad \mathrm{U}_{2n}\mathrm{Z}_{2n} = \mathrm{W}_{2n}\mathrm{X}_{2n}; \tag{4}$$

X_{2n}, Y_{2n}, Z_{2n} étant proportionnelles aux Ψ_{2n}, donne pour chacun des groupes (3) deux équations, sous une forme générale

$$\sum_{k=0,1,2}^{q=0,-1,+1} (-1)^k g_{2(2n-1)-q}\,\xi_{2(2n-1)+q}\,\rho_{2n+q} = \eta_{2n} \qquad (\xi = m_2,\ m'_2,\ \eta = u_{2n}\,u'_{2n}), \tag{5}$$

où nous posons

$$\left\{\begin{array}{ll} m_{2(2n-1)+q} = \lambda_{2n+q}\mathrm{Y}_{2n} - \mu_{2n+q}\mathrm{X}_{2n}, & u_{2n} = \mathrm{A}_{2n}\mathrm{Y}_{2n} - \mathrm{B}_{2n}\mathrm{X}_{2n}; \\ m'_{2(2n-1)+q} = \lambda_{2n+q}\mathrm{Z}_{2n} - \nu_{2n+q}\mathrm{X}_{2n}, & u'_{2n} = \mathrm{A}_{2n}\mathrm{Z}_{2n} - \mathrm{C}_{2n}\mathrm{X}_{2n}; \end{array}\right. \tag{6}$$

avec $q = (-1, 0, +1)$ et en ayant soin de mettre entre parenthèses les indices des mineurs m et m' correspondant à $q = -1$. Les relations (2), (5) et (6) permettent aussi d'écrire directement les $3(i-1)/2$ équations du même genre, qui résultent des combinaisons de chacun des groupes

$$(1, 2, 3), \quad (3, 4, 5), \quad (5, 6, 7), \quad \ldots \tag{7}$$

Il suffit de remplacer l'indice $2(2n-1)$ par $2n$, de changer les lettres m et u en l et v, et de faire $2n = i - 1$ avec $i = 3, 5, 7, \ldots$. On fera la même remarque que ci-dessus pour les mineurs l et l' correspondant à $q = -1$.

En éliminant des équations (5) chacune des inconnues ρ_{2n-q}, puis après avoir fait varier la valeur de l'indice i, en opérant les substitutions successives, on trouve les formules générales (¹):

$$\left\{\begin{array}{l} \rho_i = \displaystyle\prod^{i=3,4,5\ldots i} \frac{g_{2i-4}\mathrm{M}_{(2i-5)}}{g_{(2i-5)}\mathrm{M}_{2i-3}}\rho_2 + \sum\prod^{\substack{j=1\,:\,i=3,4,5\ldots i,\\ j=2\,:\,i=\ \ 4,5\ldots i,\\ j=3\,:\,i=\ \ \ \ 5\ldots i,\\ \ldots\ldots\ \ \ldots\ldots\ldots}} \frac{\mathrm{M}_{2j}\,g_{2i-4}\mathrm{M}_{2i-5}}{g_{2j}\mathrm{M}_{(2j-1)}\,g_{(2i-5)}\mathrm{M}_{2i-3}}; \\ \rho_i = \displaystyle\prod^{i=3,5,7\ldots i(\text{impair})} \frac{g_{2i-3}\mathrm{M}_{(2i-5)}}{g_{(2i-5)}\mathrm{M}_{2i-3}}\rho_{i-2} + \sum\prod^{\substack{j=1\,:\,i=\ \ i\ \ \ldots 7,5,3,\\ j=3\,:\,i=(i-2)\ldots\ 5,3,\\ j=5\,:\,i=(i-4)\ldots\ \ \ 3,\\ \ldots\ldots\ \ \ldots\ldots\ldots}} \frac{\mathrm{M}_{2j}\,g_{2i-3}\mathrm{M}_{2i-5}}{g_{2j+1}\mathrm{M}_{2j-1}\,g_{(2i-5)}\mathrm{M}'_{2i-3}}; \\ \rho_i = \displaystyle\prod^{i=3,5,7\ldots(\text{impair})} \frac{g_i\mathrm{L}_{(i-2)}}{g_{(i-2)}\mathrm{L}_i}\rho_1 - \sum\prod^{\substack{j=1\,:\,i=3,5,7\ldots i,\\ j=2\,:\,i=\ \ 5,7\ldots i,\\ j=3\,:\,i=\ \ \ \ 7\ldots i,\\ \ldots\ldots\ \ \ldots\ldots\ldots}} \frac{\mathrm{L}_{2j}\,g_i\mathrm{L}_{(i-2)}}{g_{2j+1}\mathrm{L}_{(2j-1)}\,g_{(i-2)}\mathrm{L}_i} \end{array}\right. \tag{8}$$

(¹) Dans une publication ultérieure nous donnerons l'application de ces formules.

où nous posons :

$$(9)\quad \begin{cases} M_{[2(2n-1)-1]} = m_{[2(2n-1)-1]}\, m'_{2(2n-1)} - m'_{[2(2n-1)-1]}\, m_{2(2n-1)}, \\ M_{2(2n-1)+1} = m_{2(2n-1)+1}\, m'_{[2(2n-1)-1]} - m'_{2(2n-1)+1}\, m_{[2(2n-1)-1]}, \\ M_{2(2n-1)} = u_{2n}\, m'_{[2(2n-1)-1]} - u'_{2n}\, m_{[2(2n-1)-1]}; \end{cases}$$

$$(10)\quad \begin{cases} M'_{2(2n-1)+1} = m_{2(2n-1)+1}\, m'_{2(2n-1)} - m_{2(2n-1)}\, m'_{2(2n-1)+1}, \\ M'_{2(2n-1)} = u_{2n}\, m'_{2(2n-1)} - u'_{2n}\, m_{2(2n-1)}. \end{cases}$$

Quant aux déterminants L on les écrit directement en changeant dans la première relation (9) et dans les deux premières relations (10) l'indice $2(2n-1)$ en $2n = i-1$ avec $i = 3, 5, 7, \ldots$ et en remplaçant les lettres m et u par l et v.

Telles sont les formules complètes cherchées, qui permettent de tirer les relations existant entre deux distances géocentriques quelconques de l'astre en fonction des autres, dans le cas du calcul d'une orbite parabolique à partir de plusieurs observations.

Elles permettent aussi d'obtenir les formules nécessaires pour rattacher une ou plusieurs observations au résultat des calculs déjà effectués d'une orbite, c'est-à-dire aussi dans le cas des combinaisons

$$(1, 2, 3, \quad (1, 2, 4), \quad (1, 2, 5), \quad \ldots.$$

Enfin, si on voulait se servir des quantités [2] $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, $\mathcal{C}$, ce qui apparaît ici comme très avantageux, les calculs se simplifient notablement. En effet, les mineurs u_{2n}, u'_{2n}, v_{2n}, v'_{2n}, ainsi que les déterminants qui dépendent d'eux deviennent égaux à zéro et de ce fait les relations (8) se réduisent à leurs premiers termes.

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1951, p. 605-607.

CAPILLARITÉ. — *Sur le fractionnement par moussage des liquides complexes.* Note de M. **René Dubrisay**, transmise par M. Jacques Duclaux.

J'ai montré dans des communications antérieures [1] qu'il est possible de fractionner par moussage les solutions complexes, et, en particulier, j'ai appliqué ce principe à des mélanges de savons ou de matières colorantes. La méthode a été par la suite utilisée par différents auteurs [2] : parmi les résultats publiés, les plus frappants se rapportent à des liquides biologiques [3] ; il semble, en outre, que des applications techniques aient pu être

(1) R. Dubrisay, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1076 ; Dubrisay et Arditti, *Bull. Soc. Chim.*, **8**, 1932, p. 7.

(2) Schutz, *Nature*, 1937, p. 140 et 465 ; Ostwald et Siehr, *Kol. Zeits.*, **76**, 1936, p. 33 et **79**, 1937, p. 11 ; Abribat, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 244.

(3) Courrier et Dognon, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 242 ; Dognon, *C. R. Soc. Biol.*, 1941, p. 884 et *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1941, p. 257.

réalisées puisque des appareils ont été protégés par des brevets en France et à l'étranger ([4]).

Tous ceux qui se sont intéressés à la question ont insisté sur la complexité du phénomène, complexité provenant aussi bien de la multiplicité des facteurs qui influent sur la composition des mousses ([5]), que sur le mécanisme même de l'opération. Il apparaît donc que dans chaque cas particulier des essais sont indispensables pour permettre de réaliser dans de bonnes conditions une opération de fractionnement : quelques idées directrices peuvent toutefois servir de guides dans ces essais.

1° J'ai montré que l'addition d'un électrolyte, à dose insuffisante pour provoquer le relargage, augmentait la quantité de savon adsorbé à la surface de séparation d'une solution aqueuse dudit savon et de la benzine, et la quantité de matières colorantes fixée par des solides ([6]). On peut supposer qu'il en va de même pour la condensation d'un corps dissous à la surface libre de sa solution, c'est-à-dire que l'addition d'une petite quantité de substance susceptible d'en réduire la solubilité doit favoriser son passage dans les mousses. J'ai vérifié la chose pour les solutions de diverses matières colorantes (bleu de méthylène, bleu de nuit, etc.). Je mentionnerai seulement ici les résultats obtenus avec la fuchsine basique (tableau I).

TABLEAU I ([7]).

On désigne par I/I' le rapport des intensités de coloration dans le liquide provenant de la condensation des mousses et dans le liquide résiduel.

Concentration en NaCl (%)....	0	0,5	1	2,5
I/I'........................	1,07	1,25	1,36	2,14

2° On obtient des résultats analogues en additionnant la solution de matières colorantes d'une petite quantité d'agent moussant. J'ai indiqué dans le tableau II les résultats obtenus, toujours avec de la fuchsine basique additionnée de divers agents moussants, à la concentration de 0,2 %.

TABLEAU II.

Agent moussant.	Aucun.	Oléate de sodium.	Saponine.	Chlorure de sapamine.
I/I'........................	1,07	2	3,3	2

([4]) SCHUTZ, Brevet français 385 439, 1938; OSTWALD, ERBRING et SIEHR, *D. R. P.* 660 992, 1938, *Soc. Kodak-Pathé*, Brevet français, 859 735, 1940.

([5]) J. DUCLAUX, *Traité de Chimie Physique appliquée à la Biologie*, Paris, Hermann, IV, 37; ABRIBAT, *Sur les phénomènes de mouillage*, Paris, Hermann, 1942, p. 133 et *Techniques de laboratoire*, Masson, Paris 1947, p. 211.

([6]) R. DUBRISAY, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1217 et 1463.

([7]) Il convient bien entendu de conduire les opérations successives dans des conditions identiques, au point de vue des appareils utilisés, de la durée, des proportions de mousses recueillies par rapport au volume primitif, etc.

Jacques Duclaux a signalé que des réserves doivent être formulées dans l'interprétation des résultats obtenus par divers auteurs, qui, pour vérifier la formule de Gibbs, avaient opéré sur des matières colorantes additionnées de saponine. Les résultats indiqués ci-dessus justifient cette objection. On pourrait admettre que l'agent moussant améliore l'essorage, dont Abribat signale à juste titre l'importance. Mais ceci ne suffit pas à expliquer que l'addition de saponine provoque la condensation superficielle d'un corps hypertenseur, comme Chatelan l'a constaté dans les solutions d'acide sulfurique [8]. Il semble logique d'admettre qu'au phénomène de condensation superficielle, prévu par Gibbs, s'ajoute l'adsorption par la membrane qui se forme à la surface des bulles constituant la mousse [9].

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Rayonnement d'une antenne placée dans un guide d'onde à section rectangulaire.* Note de M. **Maurice Jessel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Du rayonnement d'une antenne placée dans l'espace libre, la méthode des images électriques permet de déduire le rayonnement de la même antenne placée à l'intérieur d'un guide d'onde à section rectangulaire.

On sait que l'on peut mettre le champ rayonné à grande distance dans l'espace libre à trois dimensions (R^3) par une antenne (A) sous la forme

$$\vec{E}(P) = V_0\, G^{(3)}(O_A P)\, \vec{\mathcal{F}}_A(\vec{u}), \tag{1}$$

$$\vec{H}(P) = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}}\, \vec{u} \wedge \vec{E}(P), \tag{2}$$

$\vec{E}(P)$ et $\vec{H}(P)$ étant les champs observés au point P.

V_0 est une constante aux dimensions d'un potentiel électrique. O_A un point fixe voisin de (A). $G^{(3)}(O_A P)$ est la fonction de Green pour R^3 [1]

$$G^{(3)}(O_A P) = \frac{-1}{4\pi r}\, e^{-j\vec{k}.\overrightarrow{O_A P}} \tag{3}$$

avec

$$\overrightarrow{O_A P} = r\vec{u}, \qquad \vec{k} = k\vec{u} = \frac{2\pi}{\lambda}\vec{u} \qquad (\vec{u}, \text{ vecteur unitaire}),$$

$\vec{\mathcal{F}}_A(\vec{u})$ est une fonction sans dimensions, caractéristique du rayonnement de (A) dans R^3.

---

(8) Chatelan, *Journ. Chim. Phys.*, **20**, 1922, p. 23. J'ai d'ailleurs vérifié la chose pour des solutions d'acide sulfurique additionnées soit de saponine, soit de sulfate de sapamine.

(9) Ce résultat est à rapprocher de ceux obtenus par Dognon dans le fractionnement des suspensions bactériennes (*Phénomènes de mouillabilité*. Paris, Hermann, 1942, p. 157).

(1) A. Sommerfeld, *Jahresbericht der deutschen Mathematiker Vereinigung*, **21**, 1912, p. 309-352.

Plaçons A dans un guide (g) à section rectangulaire de côtés a et b $(a > b)$. Nous attachons à (g) le repère $Oxyz$ comme dans ([2]), O_A tombant dans le plan xOy. Les images électriques de (A) dans les faces planes de (g) forment un réseau plan de pas $2a$ suivant Ox et $2b$ suivant Oy. La maille de base de ce réseau comporte les quatre sources : (A), $(\sigma_{x0z}A)$, $(\sigma_{y0z}A)$, $(\sigma_{x0z}\sigma_{y0z}A)$, σ représentant l'opérateur de symétrie électrique par rapport au plan figuré en indice. Nous noterons $B = \sum_{\mu}(A^{\mu})$ $(\mu = 1, 2, 3, 4)$ cet élément de base. Un élément quelconque B_{pq} du réseau se déduira de B par la translation $2ap\vec{x} + 2bq\vec{y}$ ([3]) (p et q entiers $\gtrless 0$).

Il s'agit de décomposer en ondes planes la somme doublement infinie d'ondes sphériques issues des sources (A^{μ}_{pq}) du réseau ([4]).

D'après (1) nous écrirons le champ rayonné par (A) dans (g) :

$$\vec{E}_g(P) = V_0 \sum_{\mu=1}^{4} \sum_{p=-\infty}^{+\infty} \sum_{q=-\infty}^{+\infty} G^{(3)}(O^{\mu}_{pq}P)\, \vec{\mathfrak{F}}_{\mu}\left(\vec{u}^{\mu}_{pq}\right), \tag{4}$$

où

$$\overrightarrow{O^{\mu}_{pq}P} = r^{\mu}_{pq}\, \vec{u}^{\mu}_{pq}, \qquad O^{\mu}_{pq} = O_{(A^{\mu})} + 2ap\vec{x} + 2bq\vec{y}.$$

$\vec{\mathfrak{F}}_{\mu}$, caractéristique de rayonnement de (A^{μ}). Nous avons calculé le second membre de (4) en remplaçant la série double en p et q qui y figure par une intégrale double dont nous avons recherché une expression asymptotique ([5]), ([6]), ([7]), pour $r_{pq} \gg a$, b et λ. On trouve

$$\vec{E}^{mn}_g(P) = \frac{V_0}{s_{mn}} \sum_{\mu=1}^{4} \sum_{\nu=1}^{4} G^{(1)\nu}_{mn}(O_{A^{\mu}}P)\, \vec{\mathfrak{F}}_{\mu}\left(\vec{u}^{\nu}_{mn}\right), \tag{5}$$

où le couple d'indices mn est celui du mode global $(H_{mn} + E_{mn})$ ([8]).

$$\vec{u}^{\nu}_{mn} = \pm \frac{m\lambda}{2a}\vec{x} \pm \frac{n\lambda}{2b}\vec{y} + \frac{\lambda}{\lambda_g}\vec{z}, \tag{6}$$

([2]) L. DE BROGLIE, *Problèmes de propagations guidées des ondes électromagnétiques*, Gauthier-Villars, Paris, 1941, p. 17, *fig.* 1.

([3]) $\vec{x}$, $\vec{y}$, $\vec{z}$, désignent les vecteurs unitaires du repère $Oxyz$.

([4]) SLATER, *Microwave Transmission*, Mc Graw Hill, 1942, Chap. VII [*Voir* aussi ([9]), Chap. V et X].

([5]) On suppose $\vec{\mathfrak{F}}(\vec{u})$ à variation bornée pour tous p et q.

([6]) TH. KAHAN et G. ECKART, *Revue Scientifique*, n° 3301, 1949, p. 3-24.

([7]) S. SILVER, *Microwave Antennas Theory and design* (*M. I. T.-R. L. series*, n° 12), Mc. Graw Hill, 1949. Note p. 121-122.

([8]) Le mode mn calculé peut être propagé ou évanescent. S'il est évanescent λ_g et $\vec{u}_m$ seront imaginaires. *Voir* ([9]), p. 63.

où les diverses valeurs de ν correspondront à l'une des combinaisons de signes du second membre

$$\frac{1}{\lambda_g^2} = \frac{1}{\lambda^2} - \left(\frac{m}{2a}\right)^2 - \left(\frac{n}{2b}\right)^2,$$

$s_{mn} = 4ab\,\vec{u}_{mn}.\vec{z}$ (aire d'une maille du réseau vue sous l'incidence $\vec{u}_{mn}$)

$$(7) \qquad G_{mn}^{(1)\nu}(O_{A^\mu}P) = \frac{-1}{2jk}\, e^{-jk\vec{u}^{\nu}_{mn}.\overrightarrow{O_{A^\mu}P}}$$

est la fonction de Green de l'espace à une dimension ([1]).

L'équation (5) résout le problème du rayonnement intérieur à (g) d'une antenne quelconque et même d'une ouverture creusée dans la paroi de (g). Il suffit dans ce cas d'avoir pris pour $\vec{\mathcal{F}}(\vec{u})$ dans (1) la caractéristique d'une antenne A parcourue par un courant magnétique.

Nous allons appliquer (5) au calcul de l'onde H_{10} rayonnée par une fente quelconque placée sur la face large (xOz) de (g) et repérée par un axe faisant l'angle ψ avec Oz. On prendra

$$m = 1, \qquad n = 0;$$

$$\vec{u}^{\nu} = \pm \frac{\lambda}{2a}\vec{x} + \frac{\lambda}{\lambda_g}\vec{z} \equiv \vec{x}\sin u_\nu + \vec{z}\cos u_\nu \qquad (\nu = 1, 2);$$

$$\overrightarrow{OP} = x_p\vec{x} + y_p\vec{y} + z_p\vec{z};$$

$$O_A = O + x_0\vec{x}, \qquad \vec{\mathcal{F}}_\mu(\vec{u}^{\nu}) \equiv f(\psi - u_\nu)\vec{y} \qquad \text{pour } \mu = 1, 2;$$

$$O_A = O - x_0\vec{x}, \qquad \vec{\mathcal{F}}_\mu(\vec{u}^{\nu}) = -f(\psi - u^\nu)\vec{y} \qquad \text{pour } \mu = 3, 4.$$

D'où

$$(8) \qquad \vec{E}_g = \frac{-V_0}{2ab\,k\cos u}\left[f(\psi - u)\,e^{-j\frac{\pi x_0}{a}} - f(\psi + u)\,e^{j\frac{\pi x_0}{a}}\right]\sin\frac{\pi x_p}{a}\, e^{-j\frac{2\pi}{\lambda_g}z_p}\,\vec{y}$$

qui généralise une formule citée par W. H. Watson ([9]).

ÉLECTRONIQUE. — *Réduction du temps de mesure des amplificateurs de courants faibles, sans réduction de la sensibilité.* Note (*) de M. **Joseph Taieb**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Pour réduire le temps de mesure d'un amplificateur de courants faibles sans réduire en même temps sa sensibilité, nous avons utilisé un circuit d'entrée d'amplificateur possédant à la fois une large bande passante et une résistance

---

([9]) *The Physical Principles of Wave guides Transmission and Antenna Design* (Oxford, 1947), p. 96, formule (66.3).

(*) Séance du 1er octobre 1951.

d'entrée R élevée (condition nécessaire à l'existence de bruits de fond faibles par rapport au signal) [1].

Ces conditions sont incompatibles dans les montages classiques, car la constante de temps du circuit d'entrée de l'amplificateur est $\tau = RC$ et si R croît, τ croît également et la rapidité de la mesure diminue.

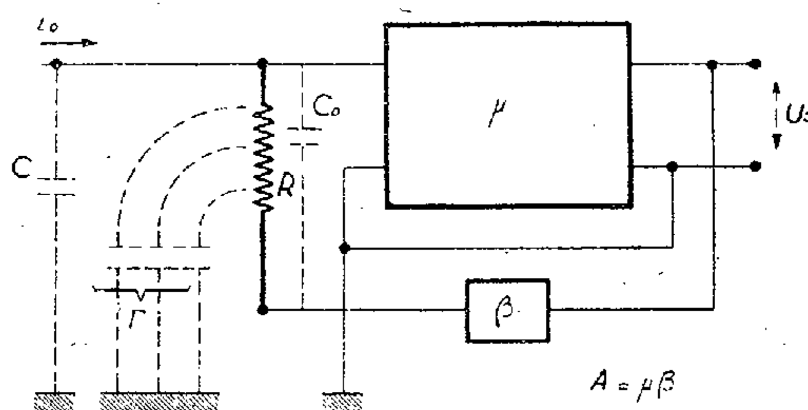


Fig. 1.

Pour réaliser simultanément ces conditions, nous avons utilisé à la fois un amplificateur à réaction négative et une disposition du circuit d'entrée permettant de réduire à une valeur extrêmement faible les capacités parasites entre bornes de R et les capacités réparties le long de R entre le corps de la résistance et la masse [2].

Le principe utilisé est le suivant. Si la résistance R est disposée suivant l'axe d'une résistance r en forme de cylindre creux, parcourue par un courant I tel que tout point de R soit au même potentiel que les points de r qui l'environnent, les capacités parasites élémentaires entre r et R ne seront pas chargées et l'on aura obtenu un effet analogue à l'annulation de Γ. Dans les mêmes conditions, l'effet de blindage de la résistance r réduit à une valeur extrêmement faible la capacité C_0 entre extrémités de la résistance R. Ce résultat peut être obtenu sans matérialiser r, par l'établissement dans l'espace environnant la résistance R d'un champ électrique E de configuration telle que tout point de la résistance R, sous l'effet du courant i_0 à mesurer et le point infiniment

---

(1) Pour une bande passante donnée, le bruit thermique, exprimé en tension aux bornes de R, est proportionnel à $\sqrt{R}$, alors que le signal est proportionnel à R.

(2) La constante de temps du circuit d'entrée d'un amplificateur à réaction négative s'écrit $\tau = R\left(\frac{C}{A} + C_0\right)$, à condition que $\Gamma \ll C_0$, et l'on voit que l'on peut réduire τ même si R croît, à condition que l'on choisisse un gain d'amplificateur A suffisamment grand et que l'on réduise les termes C_0 et Γ à une valeur suffisamment faible. (C, capacité entre bornes d'entrée et masse ; C_0, capacité entre extrémités de la résistance R ; Γ, somme des capacités réparties le long de la résistance R ; A, gain de la chaîne formée par l'amplificateur et le circuit de réaction négative.)

voisin de l'espace environnant, sous l'effet de ce champ E, soient à tout instant à des potentiels aussi voisins que possible.

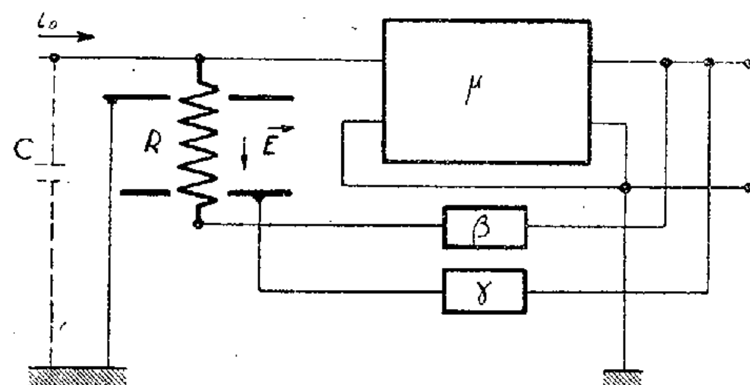


Fig. 2.

On supprime de la sorte les échanges d'énergie de la résistance R avec l'espace qui l'entoure. En pratique, l'énergie emmagasinée dans cet espace est fournie par la sortie à basse impédance de l'amplificateur, par l'intermédiaire d'un circuit de réaction négative (et non plus par la source à haute impédance, par l'intermédiaire de la résistance R), ce qui diminue dans une très grande mesure le temps nécessaire à l'établissement de la tension $u = R i_0$ aux bornes de la résistance R.

Un des dispositifs pratiques expérimentés, consiste à insérer la résistance R entre deux plateaux qu'elle traverse et qui lui sont perpendiculaires. Un des plateaux est relié à la masse et l'autre, à un circuit de réaction négative. La position des deux plateaux est réglable.

L'application de ces procédés permet d'obtenir pour la mesure des courants faibles, une meilleure sensibilité pour une durée de mesure déterminée, ou un temps de mesure plus court pour une sensibilité déterminée. Un des avantages essentiels de la méthode est qu'elle permet de faire les mesures dans un temps assez court pour éliminer l'influence des dérives et conduit de ce fait à la réalisation d'un appareillage moins délicat et moins coûteux.

Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

R (Ω).................	6.10^8	10^{10}	10^{11}	10^{12}
C (μμF)...............	10	50	25	10
A.....................	10 000	12 000	12 000	15 000
Δf (c : s) (3)..........	20 000	1 700	500	150
i_b (A) (4)..............	–	–	3.10^{-14}	5.10^{-15}

(3) Largeur de bande, pour 3 db d'affaiblissement.

(4) Bruit de fond à l'entrée exprimé en courant (valeur efficace).

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Éléments gaussiens dans la lentille électrostatique formée de deux cylindres coaxiaux de même diamètre.* Note de MM. **Pierre Grivet** et **Michel Bernard**, présentée par M. Louis de Broglie.

On détermine la marche des rayons en utilisant la courbe caractéristique de Picht. On montre que c'est une cloche symétrique que l'on peut représenter par une fonction de Glaser avec une précision de 2 % sur la valeur de la distance focale.

1. Le potentiel le long de l'axe d'une lentille formée de deux cylindres de même axe, et de même diamètre, séparés par une coupure infiniment mince est donné par la formule ([1])

$$\Phi = \frac{\Phi_1+\Phi_2}{2}\left[1+\frac{1-\gamma}{1+\gamma}\operatorname{th}\omega z\right],$$

Φ_1 et Φ_2 étant les potentiels des deux cylindres de rayon unité $\gamma=\Phi_1/\Phi_2$; $\omega=1,318$; nous nous proposons d'intégrer l'équation des rayons gaussiens qui en découle.

2. Nous écrirons l'équation réduite de Picht

$$R''+\frac{3}{16}[T(z)]^2R=0$$

sous la forme suivante

$$T(z)=\frac{\Phi'(z)}{\Phi(z)}=\frac{2\omega(1-\gamma)t}{(1+t)(\gamma+t)},\qquad 2\omega z=\log_e t.$$

La courbe $T(z)$ a un maximum T_m pour $t_m=\sqrt{\gamma}$:

$$T_m=-2\omega\operatorname{th}(\omega z_m),\qquad z_m=\frac{1}{4\omega}\operatorname{Log}\gamma.$$

Si nous posons $Z=z-z_m$, $s=e^{2\omega Z}$ et $T=yT_m$ nous voyons que les deux points de la cloche d'ordonnée réduite y sont *symétriques* par rapport à l'abscisse du maximum, car l'équation aux s de ces points est :

$$s^2-2s\left[\frac{(1+\sqrt{\gamma})^2}{2y\sqrt{\gamma}}-\frac{1+\gamma}{2\sqrt{\gamma}}\right]+1=0,$$

ce qui donne pour les abscisses Z

$$\frac{(1+\sqrt{\gamma})^2}{2y\sqrt{\gamma}}-\frac{1+\gamma}{2\sqrt{\gamma}}=\operatorname{ch}2\omega Z$$

et fournit pour chaque y, deux valeurs opposées de Z puisque la fonction ch est paire.

([1]) Bertram, *P. I. R. E.*, **28**, 1940, p. 418-420; *J. Appl. Phys.*, **13**, 1942, p. 466-502.

La dissymétrie électrique de la lentille réelle a disparu dans la représentation réduite; elle se traduit seulement par le décalage z_m de l'axe du modèle par rapport au plan de symétrie des deux cylindres. Si f_0 et f_i sont les deux distances focales de la lentille réduite définies par

$$f_0 = \frac{R(+\infty)}{R'(-\infty)}, \qquad f_i = \frac{R(-\infty)}{R'(+\infty)}.$$

On a pour F_0 et F_i de la lentille réelle

$$F_0 = f_0\left[\frac{\Phi_2}{\Phi_1}\right]^{-\frac{1}{4}}, \qquad F_i = f_i\left[\frac{\Phi_2}{\Phi_1}\right]^{+\frac{1}{4}}$$

et la loi de Lagrange-Helmolz est bien vérifiée

$$\frac{F_i}{F_0} = -\left(\frac{\Phi_2}{\Phi_1}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

3. On peut alors représenter cette cloche de manière approchée par une fonction de Glaser $T = T_m/[1+(Z/a)^2]$ de même valeur maxima T_m et de demi-largeur a convenable. En donnant aux deux courbes même largeur à mi-hauteur, on obtient pour a

$$a_1 = \frac{1}{2}\omega \operatorname{arg\,ch}\left[2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\sqrt{\gamma}} + \sqrt{\gamma}\right)\right].$$

Une précision supérieure est obtenue en donnant même aire à la courbe réelle T^2 et à sa représentation, ce qui assure la même distance focale aux deux lentilles lorsque la convergence est faible. On obtient alors la valeur a_2 adoptée dans la suite pour a :

$$a_2 = -\left(\frac{1}{\pi\omega}\right)\frac{(1+\sqrt{\gamma})^2}{(1-\sqrt{\gamma})^2}\left[\left(\frac{1+\gamma}{1-\gamma}\log_e\gamma\right) + 2\right].$$

La précision obtenue ainsi est excellente et reste supérieure à 2 % pour les lentilles très convergentes sur la distance focale dans la gamme pratique $0,1 < \gamma < 10$.

Les formules sont les suivantes :

$$F_i = \frac{aK\gamma^{-\frac{1}{4}}}{\sin(K\pi)}, \qquad F_0 = \frac{aK\gamma^{\frac{1}{4}}}{\sin(K\pi)};$$

$$z_{F_1} = aK\operatorname{cotg}(K\pi) - \frac{T_m a^2}{4}, \qquad z_{F_0} = -aK\operatorname{cotg}K\pi - \frac{T_m a^2}{4},$$

$$K = \sqrt{1 + \left(\frac{3}{16}\right)a^2 T_m^2}, \qquad a = 0,483\coth^2\left(\frac{x}{2}\right)[x\coth x - 1];$$

$$T_m = 2,636\,\operatorname{th}\left(\frac{x}{2}\right), \qquad x = -\log\sqrt{\gamma},$$

K est toujours très voisin de 1 et l'on a les formules approchées

$$\sqrt{\gamma}=1+\varepsilon,\qquad K=1+0{,}0675\,\varepsilon^2\left(\frac{1}{\sqrt{\gamma}}\right),$$

$$a=0{,}644\left(1+\frac{\varepsilon^2}{10}\right),\qquad f_0=3{,}036\left(\frac{\gamma^{\frac{3}{4}}}{\varepsilon^2}\right).$$

Le rayon est donné par les formules classiques de Glaser, ce qui permet de calculer les aberrations par les formules de Sturrock ([2]) : leur structure compliquée se simplifie sensiblement parce que K *est usuellement voisin de* 1.

Le tableau suivant donne les valeurs de F obtenues pour $1{,}2 \leqq \gamma \leqq 3$ par les formules approchées et pour $3 \leqq \gamma \leqq 11$ par les formules complètes. Ces valeurs sont en bon accord avec celles données par Goddard ([3]).

γ..	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,25	2,5	2,75	3	–	3
f_0.	382	117	62	41,1	30,4	23	18,5	15	13,5	–	14
γ..	3,25	3,5	3,75	4	5	6	7	8	9	10	11
f_0.	12,4	11,6	10,4	9,78	8,13	7,19	6,11	5,66	5,46	5,09	4,90

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Nouvelles expériences sur le spectre magnétique alpha du thorium* C *et des longs parcours du thorium* C'. Note de M. **Albrecht Rytz**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Pour permettre en même temps l'étude des rayons α de long parcours et des groupes plus lents, le grand aimant permanent de Bellevue a été pourvu d'un nouveau spectrographe. La topographie du champ a été mesurée, préalablement, à l'aide d'une bobine tournante, avec une précision de 2.10^{-4}.

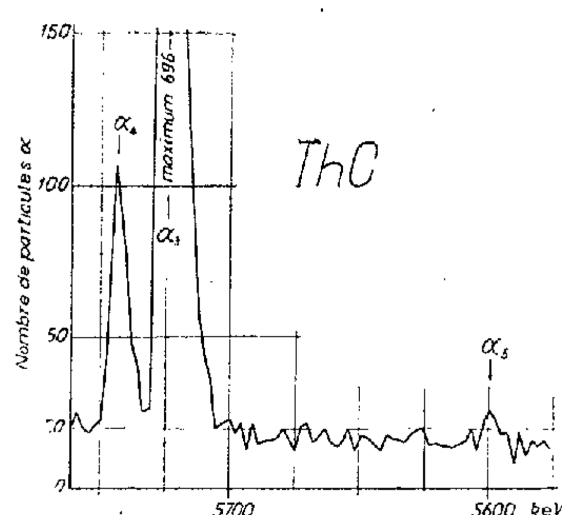


Fig. 1.

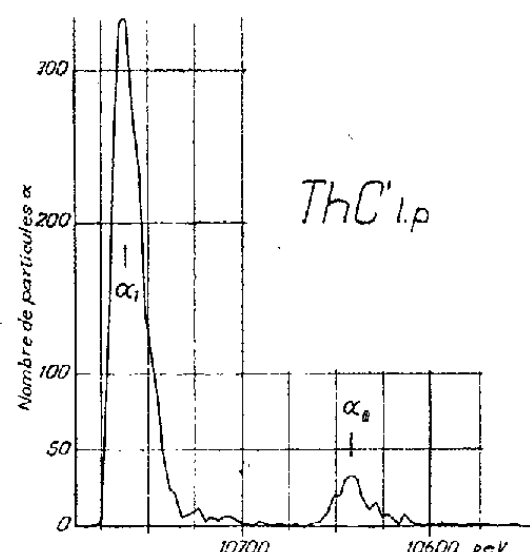


Fig. 2.

Ensuite, le champ a été corrigé aux endroits nécessaires par des feuilles minces en nickel. Nos mesures nous permettent de signaler un nouveau

([2]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 243.

([3]) *Proc. Cam. Phil. Soc.*, 42, 1946, p. 106.

groupe α dans le domaine des longs parcours et de confirmer l'existence d'un groupe faible du Th C, dont l'intensité était mal connue. Nous donnerons ultérieurement les nouvelles valeurs d'énergie des rayons α du Th C. Dans le tableau ci-dessous sont résumés nos résultats. (*Voir* également *fig.* 1 et 2.)

Th C.	Intensité (%).	j (1), (2).	Th C′.	H. R. (10^5 gauss.cm).	Énergie (keV).	ΔE.	Énergies γ (2).	Intensité
α_0...	69,86	2	α_0........	4,269	8974	–	–	10^6
α_1...	27,16	4						
α_2...	1,67	3	l. p. α_I....	4,678	10777	1803	1802	170
α_3...	1,08	2 ou 3	» α_{II}...	4,440	9705	731	726	35
α_4...	0,147	4	» α_{III}...	4,652	10655	1681		20
α_5...	0,016	4						

Remarquons que nous trouvons $E_{\alpha_1}-E_{\alpha_5}=608$ keV qui est à rapprocher de $E_\gamma=616$ (3).

A. *Thorium* C. — L'existence de α_5 (4) n'a pas pu être confirmée par Lewis et Bowden (5), qui ont soigneusement étudié le spectre α du Th C et α_5 ne figure d'ailleurs plus dans certains livres.

Nous avons pu réduire le fond dû aux particules α ralenties et ainsi mesurer l'intensité de α_5 compatible avec la limite (1/7000 de α_0 Th C) indiquée par Lewis et Bowden, qui avaient un fond plus élevé.

Nous disposons actuellement de sept clichés, où α_5 est visible à l'œil nu et deux où la méthode de comptage des traces individuelles permet d'en évaluer l'intensité. Les sources les plus propres, bien que dix fois plus faibles que celles obtenues sur acier inoxydable, étaient constituées par des plaquettes de verre mince (couvre-objet), lavées après activation par quelques gouttes d'eau distillée. L'activation dans une atmosphère de Thoron durait d'habitude quelques jours, la pose environ 24 h. L'intensité de α_5 représente à peu près la limite de ce que notre méthode peut déceler. Nous ne trouvons aucune indication sûre d'autres raies inconnues, plus intenses que α_5.

B. *Thorium* C′, *longs parcours*. — Le schéma de Latyshev (6) prévoit, en plus des deux longs parcours connus depuis longtemps, trois autres raies. Précédemment, Lewis et Bowden avaient déjà examiné les deux raies sans pouvoir déceler le dédoublement de la raie α_{II} proposé comme possible par

(1) Gamow et Critchfield, *Theory of Atomic Nucleus and Nuclear Energy-sources*, Oxford, 1949, 3e édit., p. 174; Feather, *An Introduction to Nuclear Physics.*, Cambridge, 1948, 2e édit., p. 144.

(2) Ellis, *Int. Conf. on Ph. London*, **1**, 1935, p. 48.

(3) Surugue, *Ann, Phys.*, **8**, 1937, p. 485.

(4) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 967.

(5) *Proc. Roy. Soc.*, A, **145**, 1934, p. 235.

(6) *Rev. Mod. Phys.*, **19**, 1947, p. 132.

Rosenblum et Valadares ([4]). Nous avons obtenu des clichés n'ayant presque pas de fond et étudié tout l'intervalle entre les raies connues. La seule raie nouvelle trouvée, que nous appellerons α_{III}, se trouve à 122 keV de α_I au lieu de 180 keV, comme prévu par Latyshev. Par contre, nous ne trouvons pas d'autres raies dans cet intervalle, à moins d'admettre une intensité 80 fois plus faible que α_I. La partie au delà de α_I où se placerait le groupe correspondant $E_\gamma = 2200$ keV n'a pas été étudiée.

L'intensité de α_{III} par rapport à α_I, dans ces clichés, est plus faible que celui qui a été trouvé par Nimmo et Feather ([7]) généralement admis. On a supposé que vers les bords de l'aimant les intensités des raies de plus grande énergie sont faussées par une raison qui nous échappe encore. En effet, une augmentation du champ de 700 gauss par un courant de 30 A a permis de retrouver le rapport admis, sans modifier celui de α_{III} à α_I.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesure du nombre de radicaux libres produits dans les liquides organiques par l'action des rayons* γ. Note de M. **Adolphe Chapiro**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Au cours de l'étude de la polymérisation des composés vinyliques par les rayons γ ([1]) nous avons montré que l'on pouvait calculer à partir des données cinétiques de la réaction, les valeurs relatives du nombre de radicaux libres produits par les rayons γ dans différents liquides organiques. Nous avons également estimé le nombre absolu de radicaux libres produits dans le styrolène. Pour préciser ce dernier nombre, nous avons essayé de mesurer la vitesse d'amorçage de la polymérisation en étudiant les durées d'inhibition produites par un radical libre stable, le 1.1-diphényl 2-picrylhydrazyle (DPPH), méthode préconisée par Bartlett et Kwart ([2]) et Matheson et coll. ([3]). Cependant, nous avons constaté que cette méthode était inapplicable dans notre cas, car le DPPH réagit spontanément avec les monomères vinyliques ([4]). Par contre, nous avons pu mesurer directement le nombre de radicaux libres produits dans les composés non éthyléniques, en irradiant par les rayons γ des solutions de DPPH dans différents liquides organiques. En admettant que chaque radical formé réagisse avec un radical DPPH, on peut suivre la formation de radicaux libres en mesurant la disparition du DPPH. Nos conditions d'irradiation

---

([7]) *Proc. Roy. Soc.*, **122**, 1929, p. 668.

([1]) *J. Chim. Phys.*, **47**, 1950, p. 747 et 764.

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 1051.

([3]) M. S. Matheson, E. E. Auer, E. B. Bevilacqua et E. J. Hart, *J. Am. Chem. Soc.*, **73**, 1951, p. 1700.

([4]) Nous décrirons ces résultats dans une publication ultérieure.

étaient les mêmes que dans nos expériences de polymérisation, mais la source était de 275 mg de radium au lieu de 400 mg. La concentration de DPPH était mesurée en fonction du temps par photocolorimétrie pour la longueur d'onde de la raie verte du mercure. (Le DPPH possède une forte bande d'absorption à 5 100 Å.)

Nos résultats recalculés pour une source de 400 mg de radium, sont résumés dans le tableau suivant et comparés à nos résultats antérieurs déduits de la polymérisation. Pour calculer ces derniers, nous avons choisi pour le nombre de radicaux libres produits par seconde et par centimètre cube dans le styrolène, la valeur $2,8.10^{10}$ calculée à partir des données cinétiques.

Composés.	Nombre de radicaux libres cm³/s 10^{-10}. DPPH.	Polymérisation.	Nombre de radicaux libres par paire d'ions.
Sulfure de carbone	1,7	<2,8	0,14
Acrylonitrile	–	3–4	0,43
Benzène	2,5	2,8	0,31
Styrolène	–	2,8	0,31
Toluène	4,4	4,2	0,50
Xylène	–	12,5	1,45
Éthylbenzène	–	18	2,1
Nitrobenzène	8,7	–	0,72
n-Heptane	11	6,7	1,66
n-Octane	13	–	1,85
Cyclohexane	18,5	11	2,4
Éther	28	20	3,4
Dioxane	33	–	3,2
Méthanol	31	30– 60 (*)	3,9
Propanol	39	140–220 (**)	4,7
Acrylate de méthyle	–	38	4,0
Méthacrylate de méthyle	–	42	4,5
Acétate d'éthyle	46	–	5,1
Acétate de vinyle	–	50	5,3
Acétone	64	98	8,0
Chlorobenzène	31	36,5 (***)	3,0
o-Dichlorobenzène	63,5	–	4,9
Bromure d'éthyle	64	56	4,4
1.2-Dichloroéthane	82,5	–	6,5
Chloroforme	143	140	9,3
Tétrachlorure de carbone	180	560	11–35

(*) Valeurs calculées à partir des masses moléculaires du polymère formé.
(**) Valeurs calculées à partir de la vitesse de polymérisation.
(***) Expériences de M. Cousin dans ce laboratoire.

Dans la dernière colonne du tableau, nous avons porté le nombre moyen de radicaux libres produits par paire d'ions en admettant conventionnellement la formation de 2.10^{12} paires d'ions par centimètre cube, par seconde et par

rœntgen pour un liquide de densité 1 et indépendamment de la nature du composé irradié.

On voit que l'accord entre les deux méthodes de mesure est très satisfaisant pour l'ensemble des corps étudiés. Dans le cas des mauvais solvants du polystyrolène (*n*-heptane, cyclohexane, acétone) l'accord est moins bon et nous pensons qu'il faut préférer pour ces corps les valeurs trouvées avec le DPPH car la vitesse de polymérisation peut être perturbée par la précipitation du polymère. De même, pour les alcools qui sont aussi des précipitants, la valeur calculée à partir de la vitesse de polymérisation est en désaccord avec les résultats trouvés à partir des masses moléculaires du polymère formé; cette dernière valeur étant confirmée par les mesures avec le DPPH. Enfin, pour le tétrachlorure de carbone, la valeur trouvée par la polymérisation est trois fois plus grande que le résultat des mesures avec le DPPH ([5]).

MÉTALLOGRAPHIE. — *Relation entre le frottement intérieur et la résistance au fluage d'un acier en fonction de la microstructure.* Note (*) de MM. **Christian Boulanger, Georges Delbart** et **Michel Ravery**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Des mesures de frottement intérieur, mettant en évidence l'influence de la viscosité aux joints des grains, ont permis d'opérer, sur quatre structures micrographiques d'un même acier, un classement identique à celui qui a été obtenu par des essais de fluage. On a de nouveau mis en évidence l'influence favorable, sur la résistance à chaud, d'un gros grain combiné à une structure bainitique.

A la suite de la mise au point d'une méthode permettant de déterminer le frottement intérieur et le module d'élasticité à basse fréquence en fonction de la température ([1]), nous avons comparé les mesures du décrément avec les résultats obtenus par deux d'entre nous, sur la résistance au fluage d'un acier au Cr—Mo en fonction de sa microstructure ([2]) et ([3]).

L'étude a porté sur les quatre structures désignées par les lettres suivantes dans les précédentes communications ([2]) : B, structure ferrite + perlite; E, structure martensitique; C, structure bainitique à grain fin; P, structure bainitique à gros grain.

Les éprouvettes (ressorts à boudins en fil de 35/100 de millimètre) ont été traitées en tubes scellés, et un revenu de stabilisation de deux heures à 600° C a toujours été fait après montage dans l'appareil.

([5]) Des expériences sont en cours pour déterminer la raison de ce désaccord.

(*) Séance du 1er octobre 1951.

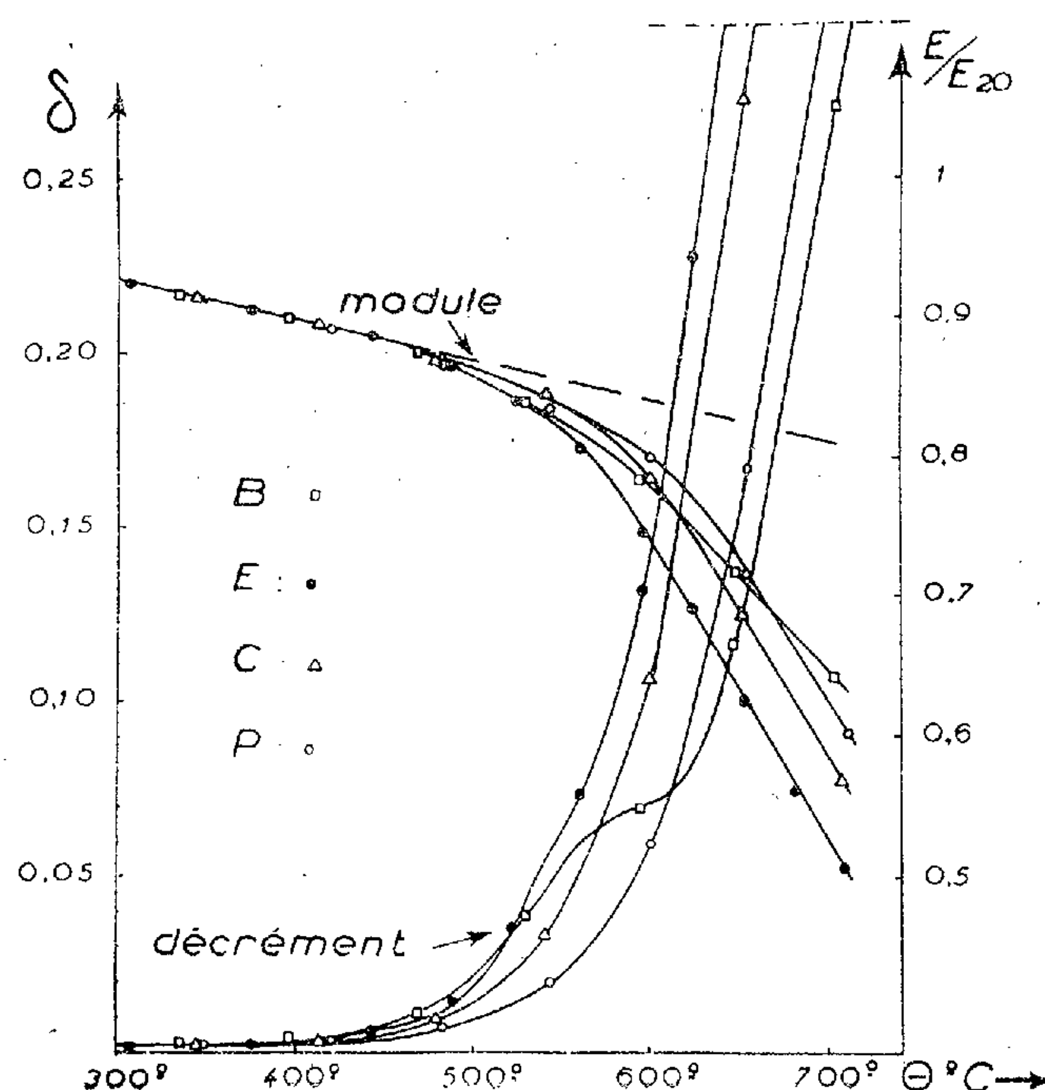
([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 732.

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1025.

([3]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 759.

Au cours de ce traitement on a constaté une diminution de l'amortissement dans les trois structures dites de trempe (E, C, P).

Les courbes représentées sur la figure donnent les résultats obtenus après le revenu à 600°. Pour simplifier, elles ne représentent que les résultats obtenus entre 300 et 700°C. A basse température, on obtient en effet des anomalies



à la diffusion du carbone et de l'azote dans les structures de trempe, et, au-dessus de 700°C, on trouve des anomalies dues au point de Curie et à la transformation « ferrite-austénite ». L'échelle du décrément logarithmique est portée à gauche de 0 à 0,3. La variation relative du module est mesurée sur l'échelle de droite de 0,4 à 1, en prenant pour unité le module à 20°C. Toutes les mesures ont été effectuées à une fréquence d'environ 0,2 p : s.

Les structures de trempe : E, C et P ont des courbes sensiblement parallèles, qui sont coupées par celles de la ferrite + perlite. Plus l'amortissement est élevé, plus le module décroît rapidement. D'après les résultats cités (²), on voit que les courbes « charge-température » pour une vitesse de fluage donnée, se classent exactement dans le même ordre que les courbes « module-température » ou « décrément-température », au moins pour les trois structures de trempe, qui ne se coupent pas.

Pour la ferrite + perlite la comparaison est beaucoup plus difficile. Cependant, on peut dire qu'elle donne généralement des vitesses de fluage plus grandes que les autres structures aux températures basses, et que cette infé-

riorité diminue au fur et à mesure que la température croît ou que la charge décroît. Dans les essais représentés sur la figure la contrainte est très faible et l'amortissement a été trouvé indépendant de l'amplitude. Quant à l'influence de la température sur la position relative des courbes $\delta = f(\theta)$ des différentes structures, elle coïncide avec celle qui a été indiquée précédemment [([3]), *fig.* 1] à propos de courbes $(\sigma)_{V=5.10^{-4}\%:h} = f(\theta)$, toutefois, comme la fréquence dans l'essai d'amortissement a pour effet de déplacer en bloc l'échelle des températures, c'est seulement la position relative des courbes qui a une signification.

Il est utile de rattacher ces résultats à ceux qui ont été obtenus sur du fer pur et des aciers montrant qu'à la fréquence utilisée, l'augmentation du frottement intérieur, concomitante à la diminution du module est due à l'apparition du phénomène visqueux le long des joints de grains ou des discontinuités de structure. Ces écoulements visqueux lorsqu'ils se produisent seuls se traduisent par une bosse sur les courbes « décrément-température ». Dans la ferrite + perlite cette anomalie est assez nette, mais pour les autres structures, on a plutôt une croissance continue.

Dans le cas de contraintes faibles les phénomènes visqueux sont réversibles ; ils créent des zones de concentration de contraintes; par suite, une partie seulement de la section du métal subit les efforts, ce qui entraîne une diminution du module plus forte que dans le cas du monocristal où ces phénomènes visqueux n'interviennent pas. Bien que ces phénomènes réversibles ne produisent que des déformations d'une amplitude très petite, ils pourraient en accumulant les contraintes en certaines zones du métal, provoquer des phénomènes analogues à ceux qui interviennent dans le fluage, même sous charge relativement élevée.

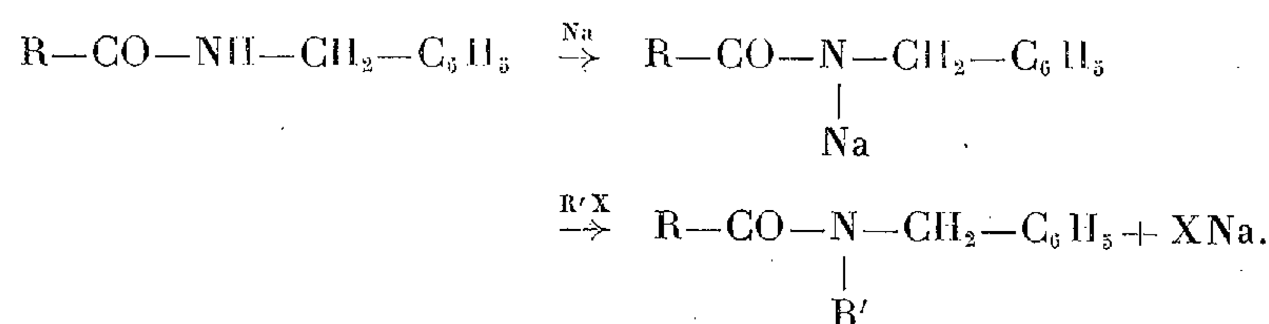
CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et étude de quelques* N-*alcoyl* N-*benzylamides et thiamides*. Note de M. **Roger Boudet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les N-benzylamides mènent aisément, par réaction avec le sodium, aux dérivés métalliques correspondants. Ces derniers résultent de l'action directe du métal sur le composé organique, au sein du xylène bouillant, méthode identique à celle déjà adoptée pour soder les N-benzyl thiamides ([1]).

Les produits obtenus sont des solides pulvérulents d'un blanc jaunâtre. Maintenus en suspension dans le xylène chaud, ils réagissent à leur tour avec facilité sur les halogénures d'alcoyle : l'halogénure de sodium précipite tandis

(1) R. Boudet, *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 377.

que demeure en solution un N-alcoyl N-benzyl amide :



Les N-alcoyl N-benzyl amides constituent des liquides incolores, incristallisables, d'odeur agréable. Insolubles dans l'eau, ils sont solubles dans tous les solvants organiques usuels.

Par action du bromure d'éthyle sur le dérivé sodé du N-benzyl benzamide et celui du N-benzyl éthanamide, nous avons pu préparer les deux dérivés suivants :

N-*éthyl* N-*benzyl benzamide*. — $C_{16}H_{17}ON$: $C_6H_5—CO—N(C_2H_5)—CH_2—C_6H_5$.

$\acute{E}_{1,7}$ 184-186°; N_D^{22} 1,5755; d_4^{22} 1,082; R. M. 73,0; R. M. calculé 72,7; Rdt 70 % (au départ du N-benzyl benzamide.

Ce composé avait été signalé par Lander ([2]), lequel l'avait obtenu par une méthode différente de la nôtre, et décrit de façon très sommaire.

N-*éthyl* N-*benzyl éthanamide*. — $C_{11}H_{15}ON$: $CH_3—CO—N(C_2H_5)—CH_2—C_6H_5$.

$\acute{E}_{11}$ 149-150°; n_D^{24} 1,5290; d_4^{24} 1,024; R. M. 53,3; R. M. calculé 53,2; Rdt 80 % (au départ du N-benzyl éthanamide).

Un dosage d'azote confirme la pureté de ce produit, non encore décrit :

Azote. — (Kjeldahl) : subst. 0,3175g; SO_4H_2 0,1089 N : 24,9 cm³; NaOH 0,1200 N : 7,7 cm³; N % calculé : 7,88. Théor. pour $C_{11}H_{15}ON$: 7,91.

On passe aisément des amides N-disubstitués aux thiamides correspondants par la classique action du pentasulfure de phosphore, au sein du xylène bouillant, procédé en tous points semblable à celui utilisé par nous pour la préparation des N-benzyl-thiamides ([3]).

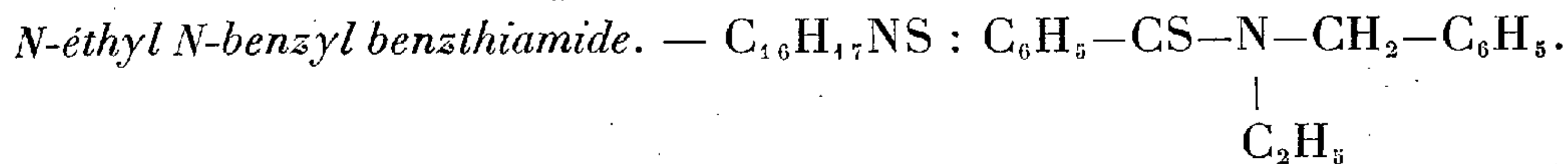
Les N-alcoyl N-benzyl thiamides sont des liquides incristallisables, à peu près inodores. Colorés en rouge orangé lorsqu'ils sont fraîchement distillés, ils brunissent à la lumière. Leur viscosité est moins élevée que celle des amides dont ils sont issus; leur réfringence est par contre supérieure. Insolubles dans l'eau, ils sont très solubles dans tous les solvants organiques usuels.

([2]) *J. Chem. Soc.*, 1903, p. 407.

([3]) R. Boudet, *Bull. Soc. Chim.*, **16**, 1949, p. 172.

Aux deux amides décrits plus haut correspondent les thiamides ci-après :

N-éthyl N-benzyl benzthiamide. — $C_{16}H_{17}NS$: $C_6H_5-CS-N(C_2H_5)-CH_2-C_6H_5$.

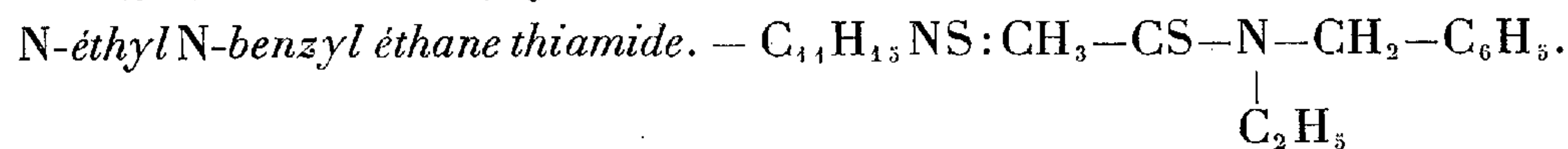


$\acute{E}_{3,5}$ 209-210°; n_D^{19} 1,6310; d_4^{19} 1,108; Rdt 70 %.

Azote (Kjeldahl) : subst. 0,3555 g; SO_4H_2 0,1174 N : 24,9 cm³; NaOH 0,1028 N : 14,85 cm³; N % calculé : 5,47.

Soufre : subst. 0,3836 g; SO_4Ba : 0,3461 g; S % calculé : 12,4. Théor. pour $C_{16}H_{17}NS$: N % : 5,49. S % : 12,5.

N-*éthyl* N-*benzyl éthane thiamide.* — $C_{11}H_{15}NS$: $CH_3-CS-N(C_2H_5)-CH_2-C_6H_5$.



$\acute{E}_{1,5}$ 161-162°; n_D^{19} 1,6015; d_4^{19} 1,068; Rdt 70 %.

Azote (Kjeldahl) : subst. 0,4005 g; SO_4H_2 0,1171 N : 24,9 cm³; NaOH 0,1028 N : 8,3 cm³; N % calculé : 7,21.

Soufre : subst. 0,2831 g; SO_4Ba : 0,3389 g; S % calculé : 16,5; Théor. pour $C_{11}H_{15}NS$: N % . 7,25; S % : 16,6.

Les propriétés chimiques de ces thiamides disubstitués sont très comparables à celles des N-benzyl thiamides plus simples : les solutions de ferricyanure de potassium, celles de nitrate et d'acétate d'argent, les transforment en les amides correspondants; l'anhydride sélénieux fait de même, la réaction s'accompagnant en ce cas d'une précipitation de trisulfure de sélénium (¹).

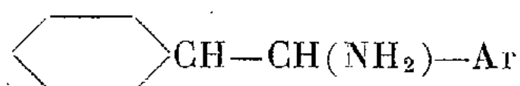
Comme les N-benzyl thiamides, ils restent inaltérés à l'air. L'acide chlorhydrique dilué paraît être sans action sensible sur eux, même à chaud.

Insolubles dans les solutions alcalines, ils sont notablement dissous par les acides minéraux concentrés. Leur solubilité y est toutefois plus faible que celle des composés N-monosubstitués correspondants, indice d'une neutralité sensiblement plus accentuée.

Si les propriétés qui viennent d'être énoncées apparentent sans conteste les N-alcoyl N-benzyl thiamides aux thiamides benzylés déjà connus, elles les distinguent nettement par contre des composés isomères résultant de l'action des halogénures d'alcoyle sur les N-benzyl thiamides sodés. Ce fait nous paraît définitivement justifier la constitution d'imino thio éthers que nous avions admises pour ces derniers composés (¹).

(¹) R. BOUDET, *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 421 et Mémoire en cours de publication (*Bull. Soc. Chim.*).

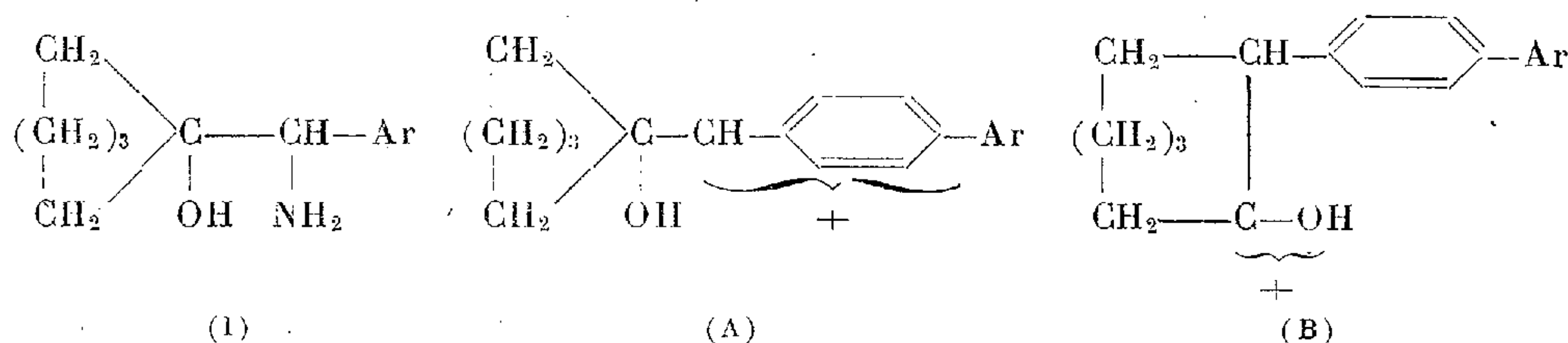
CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de la stabilité des ions carbonium en fonction de leur structure. II. Désamination nitreuse des amines cyclaniques*



avec formation d'alcools correspondants. Note de Mme **Irène Elphimoff-Felkin** et Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Marcel Delépine.

La désamination nitreuse des aryl cyclohexyl amino-méthanes, contrairement à celle des cycloalcoyl amino-méthanes, ne donne pas lieu à une extension de cycle carboné.

Nous avons montré récemment ([1]) que les aryl (hydroxy-1 cyclohexyl) aminométhanes (I), contrairement aux (hydroxy-1 cycloalcoyl) amino-méthanes, ne donnent pas d'extension de cycle par action de l'acide nitreux, mais conduisent aux glycols et à leurs dérivés présentant la même structure carbonée que les produits de départ.



Nous avons attribué ce résultat au fait que le noyau aromatique, en formant un système résonnant avec la charge positive de l'ion carbonium non transposé (A), rend celui-ci plus stable que l'ion transposé (B) dans lequel cette résonance n'a pas lieu et empêche de cette façon la transposition de se faire.

Cette façon de voir laissait à supposer que le même phénomène interviendrait dans le cas des aryl cyclohexyl amino-méthanes (II) et que la désamination de ceux-ci se ferait, par conséquent, sans changement de structure. L'expérience a confirmé cette prévision. En effet, les amines (II) (pour R = H, CH_3, OCH_3) conduisent par désamination nitreuse en milieu hydro-acétique, aux aryl cyclohexyl carbinols (III) correspondants, accompagnés de leurs acétates, et non pas aux aryl-2 cycloheptanols (IV).

La comparaison de nos résultats à ceux obtenus par divers auteurs ([2]), ([3]), ([4]), ([5]) lors de la désamination des cycloalcoyl amino-méthanes, celle-ci étant

([1]) I. Elphimoff-Felkin et B. Tchoubar, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1314.

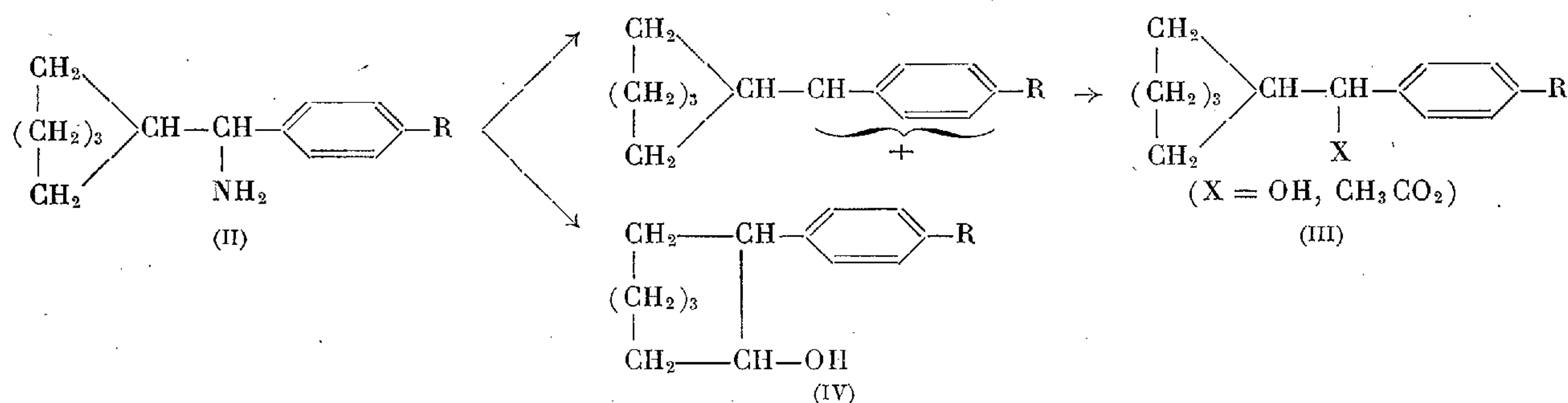
([2]) Demianow et Louchnikow, *Journ. Russe. Phys. chim.* 35, 1903, p. 26.

([3]) Demianow, *Journ. Russe. Phys. chim.* 36, 1904, p. 166.

([4]) Wallach, *Lieb. Anna.* 353, 1907, p. 325.

([5]) Ruzicka et Brugger, *Helv. chim. Acta*, 9, 1926, p. 399.

toujours accompagnée d'extension de cycle, permet de conclure que la conservation de la structure carbonée après la désamination des amines (II) ne peut être attribuée qu'à la présence dans la molécule d'un radical aromatique.



Ainsi, le présent travail montre, une fois de plus, qu'il n'est pas suffisant de réaliser un système dans lequel le carbone extracyclique (adjacent au cycle) soit un accepteur d'électrons, pour qu'il y ait nécessairement une extension de cycle, mais qu'il convient, en outre, de tenir compte de la nature des radicaux portés par ce carbone, et de leur intervention possible dans la réaction en tant que facteur influençant le mécanisme et partant, le sens même de cette réaction.

Les aryl cyclohexyl amino-méthanes sont préparés par réduction catalytique des aryl cyclohexyl oximino-méthanes correspondants, en solution acétique et en présence de PtO_2.

Les chlorhydrates de ces amines sont tous fusibles vers 250° avec sublimation.

La désamination nitreuse du phénylcyclohexyl amino-méthane ($É_{30}$ 168-169°) du tolyl cyclohexyl amino-méthane ($É_{18}$ 165-166°) et de l'anisyl cyclohexyl amino-méthane ($É_{18}$ 185-187°), effectuée en milieu hydroacétique dans les conditions habituelles [6] conduit aux aryl cyclohexyl carbinols correspondants qui ont été identifiés par comparaison directe avec les alcools de synthèse. L'indice de saponification des produits bruts provenant de la désamination montre que les aryl cyclohexyl carbinols sont accompagnés de leurs acétates dans la proportion de 20 % environ.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les combinaisons glucosidiques de la nicotine.*

Note de M. **Jacques-J. Panouse**, présentée par M. Marcel Delépine.

La purification par voie chimique du produit de condensation entre l'acétobromoglucose et la nicotine a permis d'isoler le direineckate de *d*-glucopyranosidyl-1 (méthyl-1′ pyrrolidyl-2′)-3 pyridinium [formule (II), $X = (SCN)_4Cr(NH_3)_2$] cristallisé avec deux molécules d'eau. Le chlorhydrate correspondant ($X = Cl$) n'est stable qu'en solution.

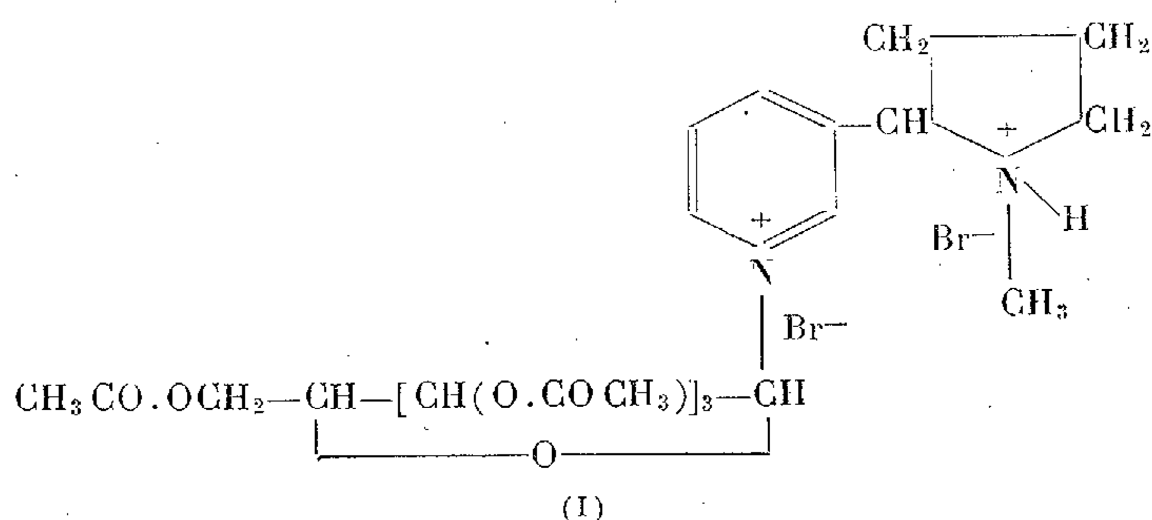
Dans une Note récente [1] nous avons montré que l'acétobromoglucose réagissait avec la nicotine pour donner une seule combinaison glucosidique,

(6) B. Tchoubar, *Bull. Soc. chim. Fr.*, 15, 1949, p. 164.

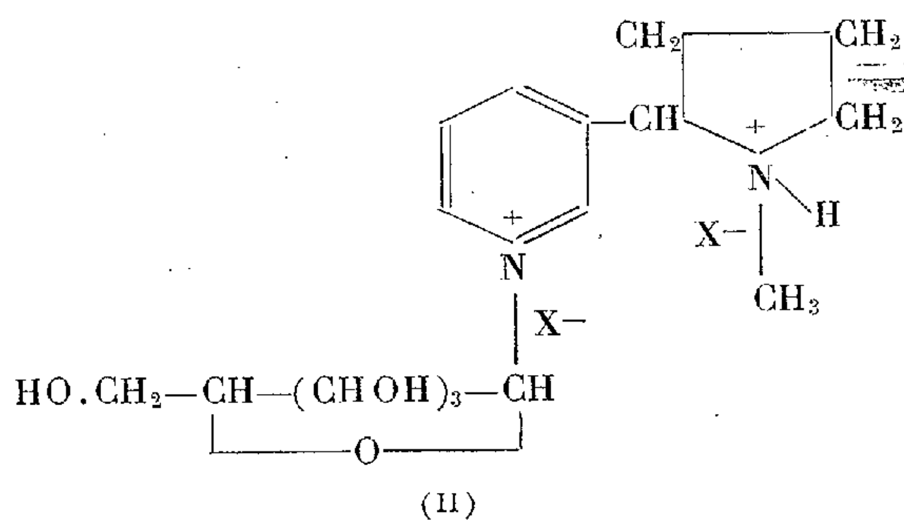
(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1506.

le bromhydrate du bromure de tétraacétyl-2.3.4.6 *d*-glucopyranosidyl-1 (méthyl-1′ pyrrolidyl-2′)-3 pyridinium [formule (I)]. Le produit brut est souillé de grosses quantités de bromhydrate de nicotine et de substances provenant de la dégradation partielle de l'acétobromoglucose. La séparation de ces impuretés par précipitations fractionnées répétées a permis de préparer une petite quantité du composé (I) à l'état pur, mais non cristallisé. Toutefois ce procédé de purification est si laborieux que nous lui avons préféré une méthode chimique dans les préparations ultérieures. Pour mettre au point une technique de purification nous nous sommes appuyé sur quelques propriétés de (I) et de son dérivé désacétylé (II), mises en évidence au cours d'expériences préliminaires. En particulier :

1° En présence d'un acide minéral dilué, (I) est hydrolysé lentement à froid et plus rapidement à chaud, en donnant (II), complètement désacétylé (en milieu acide concentré ou en présence de gaz ClH où BrH l'hydrolyse est poussée plus loin; il y a scission de la molécule et formation d'un sel de nicotine et de produits de dégradation du glucose).



(I)



(II)

2° Alors que (I) donne un picrate insoluble dans l'eau mais qui ne peut servir à la purification, (II) donne un picrate très soluble dans l'eau. Ceci permet de séparer facilement le glucoside désacétylé des sels de nicotine qui sont précipités quantitativement par l'acide picrique (²).

(²) O. Tunmann, *Apothek. Ztg.*, 33, 1918, p. 485.

3° Les combinaisons glucosidiques de la nicotine (I) et (II) donnent des reineckates insolubles dans l'eau, stables à l'air et aisément décomposables par Cl_2Hg [3].

En tenant compte de ces propriétés et après une mise au point délicate, nous avons réussi à préparer à l'état de pureté le reineckate cristallisé de (II) et le chlorhydrate correspondant (qui n'est stable qu'en solution).

Le produit brut de la réaction entre l'acétobromoglucose et la nicotine est grossièrement séparé des résines et de l'excès de nicotine par précipitations fractionnées de l'alcool-éther. On dissout dans l'eau (I), impur et hydraté, et la solution est additionnée de BrH dilué puis chauffée jusqu'à disparition de l'acide acétique. Après décoloration au charbon, on ajoute à chaud un excès d'acide picrique en solution aqueuse. Par refroidissement le picrate de nicotine presque pur (F 224°) critallise. Après filtration on concentre sous vide au tiers du volume primitif. On élimine alors l'excès d'acide picrique par filtration puis par perforation à l'éther. La solution aqueuse de glucoside désacétylé (II, X = Br) est concentrée sous vide à froid. Mais elle est encore souillée d'une importante quantité (39 %) de produits de dégradation de l'acétobromoglucose. Aussi cette solution est-elle additionnée de sel de Reinecke dissous dans l'acide acétique dilué. Le reineckate insoluble est filtré, lavé et séché sous haut vide jusqu'à poids constant. On obtient ainsi (II) ($X = (SCN)_4Cr(NH_3)_2, OH_2$) avec un rendement final de 20 % par rapport à la nicotine mise en œuvre. Après lavage au méthanol chaud, puis dissolution vers 60° dans l'acétone diluée dans l'eau (1 : 5), le reineckate de la combinaison glucosidique cristallise par refroidissement en petits triangles rectangles roses. Après une purification analogue le produit est pur (calculé pour : $C_{24}H_{38}N_{14}O_5S_8Cr_2\,2OH_2$; OH_2 3,60; C 28,85; H 4,24; Cr 10,40; trouvé : OH_2 3,99; C 28,93; H 4,44; Cr 10,72). Cependant les rendements s'abaissent considérablement au cours de ces purifications, car le reineckate s'altère par chauffage en donnant des complexes violets solubles dans l'eau.

En décomposant ce reineckate pur par le chlorure mercurique [3], on régénère facilement le chlorhydrate correspondant (II, X = Cl), stable en solution, mais qui s'altère par déshydratation complète. En effet il retient très fortement ClH et celui-ci vers la fin de l'évaporation provoque la rupture de la molécule. Même en enlevant l'excès d'acide par OHAg et en neutralisant exactement la solution de base quaternaire ainsi préparée par ClH dilué, nous n'avons pas obtenu un produit sec absolument pur pour analyse (Cl calculé pour : $C_{16}H_{26}N_2O_5Cl_2$ 17,85; trouvé : 18,38). Cependant le pouvoir rotatoire de ce chlorhydrate a été déterminé : ($[\alpha]^{20}_{5790} = +32°,0$; $[\alpha]^{20}_{5461} = +34°,9$; $[\alpha]^{20}_{4358} = +56°,2$).

---

(3) J.-J. PANOUSE, *Bull. Soc. Chim. France*, (5), **16**, 1949, p. 594.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Réalisation et applications d'un perspectographe stéréographique*. Note (*) de M. **Jean Riblet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Principe et réalisation d'un perspectographe stéréographique appliqué à la détermination en un lieu donné de la limitation par les obstacles de la durée maximum possible d'insolation.

Convenons d'appeler *perspective stéréographique* la projection stéréographique d'une sphère sur laquelle, de son centre pour point de vue, une mise en perspective centrale aurait été préalablement effectuée.

De cette définition il résulte qu'un tel système perspectif sera parfaitement défini par : 1° une sphère S de centre O; 2° un plan de projection Q sécant ou non à la sphère S; 3° un point de vue P situé à l'une des extrémités du diamètre de la sphère S perpendiculaire au plan Q.

La perspective stéréographique M″ de tout point M de l'espace résultera donc des deux transformations géométriques successives suivantes :

1° Perspective M′, de point de vue O, du point M de l'espace sur la sphère S (M′ est par conséquent la trace de la demi-droite OM sur la sphère S).

2° Projection stéréographique M″, de point de vue P, du point M′ de la sphère S sur le plan Q (M″ est la trace de la droite PM′ sur le plan Q).

Il y a lieu de remarquer que la projection stéréographique M″ d'un point M′ de la sphère S, ou, ce qui revient au même, *la perspective stéréographique d'un point* M *de l'espace appartenant à la demi-droite* OM, *est, à une homothétie près* (homothétie dont le centre est un certain point de la droite PP′), *la trace m sur un plan quelconque* Q′ *parallèle au plan* Q *de la bissectrice intérieure de l'angle* M′OP′, P′ désignant le point de la sphère S diamétralement opposé à P.

On peut matérialiser cette bissectrice *om* de diverses manières. Une solution commode consiste à utiliser la propriété de la normale en un point d'une surface réfléchissante d'être bissectrice intérieure de l'angle formé en ce point par le rayon incident avec le rayon réfléchi. Soit donc une surface réfléchissante T contenant le point O; sa normale en O coupera le plan Q′ en un point *m* homothétique de la perspective stéréographique des points de la demi-droite OM′ de l'espace réfléchie suivant OP′, donc perpendiculairement au plan Q′.

J'ai réalisé sur ce principe un perspectographe comportant les dispositions suivantes : Le plan Q′ est constitué par la face supérieure d'une planchette topographique; la bissectrice *om* est matérialisée par une tige coulissante extensible munie à son extrémité *m* d'un style traceur pivotant dans une articulation sphérique O solidaire d'un support reposant sur la planchette. Le miroir T est rendu solidaire de la tige *om* à laquelle il est rigoureusement perpendiculaire. Au support de l'appareil est fixé un viseur constitué par une

(*) Séance du 1er octobre 1951.

lunette à réticule axée suivant la direction P′O, donc perpendiculairement au plan de la planchette.

Pour faire une mise en perspective stéréographique, on regarde dans la lunette et l'on fait défiler au centre du réticule les points successifs du contour à représenter en déplaçant le style, tel un crayon.

Ce perspectographe me sert notamment à *la détermination en un lieu donné de la limitation par les obstacles de la durée maxima possible d'insolation.*

La méthode utilisée ici est la méthode graphique qui consiste à représenter, dans un système de projection choisi, le contour apparent du paysage, sur un canevas où sont tracés dans le même système de projection les diverses trajectoires solaires au cours de l'année et les cercles horaires d'heure en heure. Les intersections du contour apparent et des trajectoires solaires donnent les heures de lever et du coucher du Soleil.

Jusqu'ici le contour apparent du paysage était relevé :
soit point par point à l'aide d'instruments goniométriques et reporté, toujours point par point sur le canevas [K. Peuckert [1]], soit enregistré photographiquement à l'aide d'appareils spécialement construits, à très grand champ, donnant des images dans un système de projection cartographique [R. Pers [2]].

Le perspectographe stéréographique permet d'obtenir le contour apparent du paysage directement, et pour ainsi dire automatiquement, avec rapidité, de la manière simple précédemment indiquée et avec la plus grande finesse de détails. La projection étant stéréographique, la construction du canevas peut s'effectuer avec le seul usage de la règle et du compas.

L'appareil peut être utilisé pour un astre quelconque de la même manière que pour le Soleil.

Parmi les nombreuses autres applications possibles de ce perspectographe, on se bornera ici à mentionner à titre d'exemples les levers topographiques en perspective stéréographique de tables d'orientations planes horizontales.

GÉOLOGIE. — *Sur l'importance des phénomènes biologiques dans la formation des cuirasses ferrugineuses en zone tropicale.* Note (*) de M. **Henri Erhart**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Une grande confusion règne actuellement encore dans nos conceptions sur l'origine et la nature exacte des différents types de cuirasses latéritiques et

---

(1) *Der Bergschatten : Graphische Ermittelung,* Verh. 12. *D. Geographentages Iena,* 1897, p. 226-252.

(2) *Recherches sur les durées d'insolation; Thèse Sciences physiques,* Paris, 1937.

(*) Séance du 1er octobre 1951.

ferrugineuses, ou, d'une manière générale, de toutes les formations rouges, de consistance plus ou moins rocheuse, que l'on rencontre dans les pays équatoriaux, tropicaux, subtropicaux et subdésertiques.

On sait que dans l'état actuel d'imprécision minéralogique et chimique qui existe au sujet de ces diverses formations, les observateurs profanes qualifient de *latéritiques*, aussi bien les croûtes ferrugineuses plus ou moins étendues, que des blocs de taille diverse ou des amas de gravelles ferrugineuses qui apparaissent plus particulièrement en paysage de savane et sur des sols formés aux dépens de roches éruptives ou métamorphiques.

Les études poursuivies par les pédologues ont déjà permis d'expliquer plus ou moins correctement l'origine de certaines de ces formations. J'ai moi-même attiré depuis longtemps l'attention sur la genèse des cuirasses qui se forment à la surface des sols dénudés par cémentation des colloïdes ferrugineux sous un climat à saisons alternantes, et je leur ai opposé celles qui se constituent dans la profondeur du sol, au niveau des racines absorbantes des arbres, dans un paysage de forêt tropophile. On peut ajouter que de petites concrétions ferrugineuses peuvent également se former à la pointe des racines de graminées dans les sols d'une forêt herbeuse, ou même en savane, si les conditions climatiques et une nappe phréatique pas trop éloignée favorisent un tel processus.

Dans la catégorie des concrétions néogènes de ce genre entrent les matériaux qu'on a désignés sous le nom de « alios » ou de « Ortstein ». De telles concrétions doivent être nettement distinguées des croûtes superficielles ou encore des dépôts de nappe phréatique dont la genèse est due à des agents purement physiques ou chimiques. Comme elles se forment au cours des différentes phases de la maturation des sols et exigent le concours de la végétation, je propose de les désigner dans leur ensemble par le terme de concrétions *pédogénétiques*, qu'il s'agisse de matériaux pouvant atteindre le volume de 1 m^3 ou de petites concrétions graveleuses ou pisolithiques.

Mais il existe encore une autre catégorie de cuirasses et de concrétions ferrugineuses dans lesquelles l'intervention biologique est encore plus directe et plus essentielle. Ce sont des matériaux que nous devons à l'activité de certains termites et sur lesquels personne ne semble avoir encore attiré l'attention pour montrer l'importance extraordinaire qui leur revient dans la science des concrétions et des cuirasses.

Voici les faits : sur des surfaces immenses de la zone soudanienne d'Afrique, comprenant des paysages de forêt tropophile et des régions subdésertiques presque dépourvues de végétation, nous rencontrons des cuirasses plus ou moins étendues ou des amoncellements de blocs ferrugineux qui présentent tous cette particularité d'avoir une structure vacuolaire et des cloisonnements labyrinthiques comme nous les connaissons dans les termitières actuelles.

L'idée vient naturellement à l'esprit qu'il doit s'agir de termitières abandonnées, fossiles ou subfossiles.

Je crois que tel est en effet le cas. Mais l'étendue souvent considérable qu'occupent ces formations, leur apparition disparate, ausssi bien à l'air libre qu'enfouies dans la profondeur du sol, l'absence de termites vivants construisant actuellement des édifices semblables dans la zone considérée, la confusion de ces matériaux avec les croûtes latéritiques ou ferrugineuses ordinaires favorisée par le fait que les vacuoles sont souvent bouchées par des apports terreux, semblent être les causes que les voyageurs n'ont pas fait jusqu'à présent le rapprochement qui s'impose avec certaines termitières actuelles que l'on trouve dans des régions plus méridionales et plus humides.

Pourtant le diagnostic de leur origine n'est pas douteux. Une structure vacuolaire générale, montrant les parois tapissées d'un enduit blanc pareil au vernis stercoral des termitières actuelles, les cloisonnements typiques, l'apparition fréquente de ces édifices dans des sols encore « en place » sous forme de blocs nettement délimités indiquant qu'il ne peut s'agir que d'un ancien nid de termites, sont des arguments sérieux et difficilement contestables. Mais on peut faire valoir encore que les formations en question sont toujours constituées aux dépens de matériaux minéralogiques exempts de sels solubles, et en particulier par des argiles latéritiques et ferrugineuses rouges. Il est évident que la structure vacuolaire ne peut être la conséquence de simples phénomènes de dissolution, comme on les observe dans certains sédiments ou roches contenant des sels plus ou moins solubles. Il ne reste donc que l'hypothèse d'une origine biologique.

Je propose de donner aux formations de ce genre le nom de *cuirasses termitiques*, afin de les distinguer des cuirasses pédogénétiques et climatiques.

Il reste à approfondir ce que deviennent les cuirasses termitiques lorsqu'elles sont livrées à l'érosion ou au démantèlement par les agents atmosphériques. Bien qu'elles soient généralement dures comme du ciment, elles sont détruites au cours des temps. Elles fournissent alors des matériaux très typiques que nous voyons figurer partout, dans les éboulis de pente, les colluvions et les alluvions.

Ce sont, soit des fragments plus ou moins gros de cuirasse encore reconnaissable par ses vacuoles, soit des cupules irrégulièrement découpées venant de l'ébrèchement des vacuoles, et dont les bords sont plus ou moins arrondis suivant l'importance du transport. Lorsque ce dernier est assez long et assez violent nous arrivons à des formes graveleuses ou pisolitiques qui peuvent simuler des concrétions pédogénétiques.

GÉOLOGIE. — *Sur la sédimentation des minéraux argileux en milieu marin en présence de matières humiques. Conséquences géologiques.* Note de M. **André Rivière** et M[lle] **Solange Vernhet**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Contrairement à ce qui a lieu pour les argiles illitiques et montmorillonitiques, la présence de traces de matières humiques confère aux argiles kaoliniques une exceptionnelle résistance à la floculation par les ions bivalents et notamment par ceux de l'eau de mer. Ceci donne une explication possible du fait qu'en certaines régions il y a appauvrissement en kaolinite des vases marines avec l'accroissement de la distance au rivage.

Des suspensions argileuses d'argiles kaoliniques d'une finesse équivalente inférieure à 0,5 μ, ajoutées à de l'eau de mer, de manière à réaliser une concentration de 40 mg : l donnent une suspension floculant assez rapidement : les premiers flocons visibles à l'œil nu apparaissent au bout de 3 h, la clarification étant très avancée au bout de 8 h et totale après 24 h. Par contre une suspension argileuse de mêmes caractéristiques, contenant des traces indosables d'humate de soude, donne avec l'eau de mer, dans les mêmes conditions expérimentales, une suspension à peu près stable. Même au bout de plusieurs jours, il n'y a pas de floculation apparente et l'on observe seulement une lente précipitation, encore incomplète au bout de plusieurs semaines. Avec la montmorillonite et une illite, l'effet stabilisateur obtenu dans les mêmes conditions est infiniment moins marqué et la floculation et la précipitation sont totales au bout de quelques heures. En particulier, avec une illite expérimentée strictement dans les mêmes conditions de granulométrie et de concentration, on constata l'apparition de légers flocons au bout de 5 h; ces flocons s'étaient sensiblement accrus au bout de 7 h et 24 h après le début de l'expérience, la floculation et la précipitation étaient à peu près totales, le liquide étant complètement clarifié au bout de 48 h.

Dans les mêmes conditions de concentration et de granulométrie, nous avons essayé des mélanges de composition intermédiaire. Un mélange à 75 % d'illite et 25 % de kaolinite ne laisse apparaître de flocons qu'au bout de 7 h (ce qui correspond à un retard sensible par rapport à l'illite pure), la floculation et la précipitation étant très avancées au bout de 24 h et totales au bout de 48 h. Un mélange à 50 % d'illite et 50 % de kaolinite ne laisse apparaître de flocons visibles qu'au bout de 24 h, la floculation et la précipitation étant très avancées, mais non totales après 48 h d'expérience. Enfin, un mélange à 25 % d'illite et 75 % de kaolinite ne laisse apparaître de flocons qu'au bout de 72 h, encore sont-ils difficilement visibles. Ils ne présentent de grossissement sensible qu'au bout de 92 h et la précipitation n'est pas encore totale après 12 jours d'observation.

Ces résultats permettent de penser qu'en présence de quantités même très petites de matières humiques, les suspensions argileuses naturelles peuvent présenter vis-à-vis de concentrations relativement fortes en ions floculants une stabilité d'autant plus grande (et par suite une dispersion d'autant meilleure) qu'elles sont plus riches en argiles kaoliniques. Ainsi semble s'expliquer le fait, depuis longtemps constaté par nous, que les argiles naturelles présentant un bon classement granulométrique sont presque toujours des argiles à dominance largement kaolinique. Le même phénomène joue probablement un rôle important quant à la composition des argiles des vases marines. En particulier l'appauvrissement relatif en kaolinite des zones éloignées de la ceinture vaseuse littorale (1), pourrait s'expliquer par le fait que des conditions de décantation tendant à y prévaloir sur les phénomènes de sédimentation par déséquilibre entre la charge des eaux et leur capacité de transport, il y aurait un entraînement plus accentué vers le large des troubles les plus riches en kaolinites, puisque ceux-ci floculent moins facilement. Les différences de composition minéralogiques constatées par Grim semblent donc pouvoir s'expliquer, au moins en certaines circonstances, sans avoir recours à l'hypothèse d'une néoformation d'éléments argileux, cette hypothèse n'étant pas d'ailleurs exclue, mais devant être appuyée sur des arguments autres que la simple variation de composition minéralogique.

GÉOLOGIE. — *Le Grès de Keroan-en-Plourach* (*Côtes-du-Nord*). Note de M. **Charles Delattre**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le massif briovérien de Callac est bordé, à l'Est par un arc de grès notés d^1 (schistes et quartzites de Plougastel : Gédinnien) sur la première édition de la feuille de Morlaix au 1/80 000e.

A Keroan-en-Plourach, le grès, qui supporte l'étage des schistes et dolérites coblenciens bien développés dans cette région, est formé au sommet de petits bancs. Vers la base, dans des bancs plus épais, j'ai eu la chance de récolter des fossiles. Ils sont abondants, bien que peu variés : *Dalmanella Monnieri* Rou., très fréquente, *Hipparionyx hipponyx* Schnur, *Uncinulus fallaciosus* Oehl., *Spirifer excavatus* Kayser, et des tiges d'encrines. Cette faune ne laisse aucun doute sur l'âge du grès de Keroan, incontestablement Siegenien inférieur.

Ce grès à *D. Monnieri*, dirigé Nord 16° Ouest, est incliné de 70 à 80° à

(1) R. Grim, R. S. Dietz et W. F. Bradley, *Bull. of the Geological Society of America*, 60, 1949, p. 1785-1808.

l'Ouest. Il repose normalement (¹), sans intercalation de Gédinnien, sur le Briovérien redressé constitué par des phyllades verts et noirs avec lits de microquartzites noirs (Phtanites de Lamballe). Il apparaît donc nettement ici que c'est le grès *siegenien inférieur* qui marque le début de la sédimentation dévonienne dans cette région, alors que, dans la région des Monts d'Arrée, le grès blanc de Saint-Michel-de-Brasparts est un dépôt littoral d'âge plus ancien, qui souligne la transgression *gédinnienne*.

Cette observation a un grand intérêt au point de vue paléogéographique. En effet, si la partie occidentale de la Domnonée (²) a été réimmergée dès le Gédinnien, on peut maintenant préciser que sa portion orientale n'a pas été envahie par la mer avant le Siegenien inférieur. Je désigne cette région, caractérisée par le repos direct du grès siegenien inférieur sur le Briovérien, sous le nom de *Briocia* (de Saint-Brieuc).

La *Briocia* n'est d'ailleurs pas la seule région continentale gédinnienne dans le massif armoricain. L'affaissement de la Bretagne occidentale au Gédinnien a été compensé par une légère émersion à l'Est. La *Mancellia* orientale montre une lacune gédinnienne (forêt d'Écouves où les grès à *D. Monnieri* reposent directement sur le Gothlandien). Il en est de même à Caulnes et à Gahard.

Ainsi, au Gédinnien, une région continentale se dessinait, qui comprenait la portion orientale de la Domnonée (*Briocia*) et la *Mancellia*, région qui avait déjà montré une tendance à l'émersion au Cambrien.

Au Sud de la grande fosse centrale armoricaine, la *Ligeria* était émergée au même moment. Son rivage nord correspond à la région de la lande de Lanvaux qui a arrêté la transgression gédinnienne vers le Sud.

GÉOLOGIE. — *Structure géologique du groupe « Mont de Joigny, Mont Granier » en Grande-Chartreuse septentrionale (Savoie)*. Note de M. **Paul Gidon**, transmise par M. Léon Moret.

La grande épaisseur de substratum marneux valanginien et surtout berriasien est d'origine tectonique. Il n'existe probablement pas de vrais décrochements en Chartreuse septentrionale, contrairement à une opinion récemment émise.

L'épaisseur des calcaires à ciment berriasiens du plateau de Montagnole, près de Chambéry, atteint 300 m, alors que la puissance de cette formation

(¹) Sur la première édition de la feuille de Morlaix, Ch. Barrois a dessiné entre le grès de Keroan (alors daté Gédinnien) et les schistes briovériens, un affleurement de Gothlandien (S^1) à sphéroïdes fossilifères. En réalité, le Silurien n'existe pas dans cette région. Les nodules trouvés par Ch. Barrois ont pu y être apportés avec des sables calcaires, utilisés pour l'amendement des terres.

(²) Régions définies par P. Pruvost, *Annales Hébert et Haug*, 7, (*Livre jubilaire Charles Jacob*), 1949, p. 345-360.

varie ailleurs de 40 m (région de Grenoble) à 100 m (Sud-Ouest des Bauges). L'analogie des faciès du Berrias, souvent très marneux, et des marnes valanginiennes de la région, la rareté des fossiles, causent peut-être entre ces deux étages une confusion qui expliquerait en partie cette anomalie d'épaisseur. Je crois plutôt cependant qu'il y a là des redoublements de couches comparables à ceux que j'ai pu constater au Mont de Joigny, dont le plateau de Montagnole forme précisément le soubassement.

Le versant Nord-Ouest du Mont de Joigny montre, dans les ravins descendant vers Saint-Cassin, 150 m de marnes valanginiennes fossilifères, sous-jacentes au gros banc de marnocalcaires berriasiens qui prolonge la falaise du Pas de la Fosse. Au-dessus de ce Berrias s'observe du valanginien également fossilifère, connu de longue date sur la route du col du Granier près de Charcosse (Sancosse de la carte au 80 000e). Plus haut, j'ai retrouvé les couches berriasiennes datées par des Ammonites jusque vers 1350 m d'altitude, à l'Ouest du sommet du Joigny. Des bandes marneuses s'intercalent dans leur épaisseur et peuvent être valanginiennes. J'ai en effet observé dans le ravin immédiatement au Sud de Charcosse, et en amont de la route, une faible discordance angulaire entre un niveau marneux et les marnocalcaires superposés. Cette discordance, soulignée par une brèche à éléments anguleux berriasiens qui atteint 7 à 8 m de puissance est évidemment d'origine tectonique, ce que confirme la disposition chaotique des couches berriasiennes dans les 20 m qui surmontent immédiatement la brèche.

Au total, au-dessus des assises berriasiennes du plateau de Montagnole, on retrouve dans le Joigny trois fois les formations de Berrias, dont deux superposées à du Valanginien, la troisième et la plus élevée étant limitée à sa base, au moins par une surface de discordance tectonique, et reposant probablement elle aussi sur du Valanginien. Cet ensemble est recouvert, au sommet de la montagne, de Valanginien et d'Hauterivien coupés par une petite faille NE-SO qui n'affecte que la partie sommitale.

Les lames berriasiennes ont une origine assez lointaine car elles ne contiennent pas trace du faciès des « calcaires grossiers de Montagnole », que l'on retrouve pourtant jusqu'à l'Est du Mont Granier, au-dessus de Chapareillan, où la feuille de Grenoble l'indique à tort en Valanginien supérieur.

Il faut donc admettre que cette structure clivée se prolonge sous la chaîne du Granier, peut-être jusqu'à la Dent de Crolles où des redoublements ont été observés ? Cependant, mes recherches dans un terrain très couvert, ne m'ont permis que de constater la persistance de l'anomalie d'épaisseur, puisque celle-ci atteint 1200 m entre le sommet du Jurassique et le sommet du Valanginien.

J'ai pu, par contre, constater que la corniche tithonique à la base du

Granier, coupée suivant J. Goguel (¹) par une faille de décrochement qui la décale de 300 m en hauteur, est en réalité parfaitement continue de même que sa couverture berriasienne. La faille de l'Alpette où passerait ce décrochement n'affecte que la partie supérieure du Néocomien. Je m'étonne d'autre part, qu'une même faille ait déterminé dans le synclinal crétacé à l'Ouest d'Entremont, un décalage de 3 km entre les deux tronçons et n'ait pu être mise en évidence que par un levé détaillé dans l'anticlinal jurassique d'Entremont, immédiatement voisin : cela supposerait une bien extraordinaire plasticité du Tithonique, mais j'ai l'impression que le décalage horizontal des deux tronçons du synclinal est, si toutefois il existe, bien plus faible que ne pense J. Goguel.

Le décrochement que veut voir cet auteur me paraît très douteux à Entremont et n'existe certainement pas dans le bord subalpin. Aussi suis-je conduit à faire les plus expresses réserves, au moins pour la partie septentrionale du massif, la seule que j'aie étudiée, sur le rôle essentiel aux yeux de J. Goguel, des failles de décrochement en Chartreuse.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *De l'existence de trachéides à ponctuations aréolées dans le bois de quelques Ombellifères frutescentes.* Note de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. René Souèges.

Étude histologique des constituants du cylindre ligneux de diverses Ombillifères frutescentes de la S. F. des Hydrocotyloïdées. Le bois secondaire de toutes ces espèces renferme toujours, en plus ou moins grande abondance, des trachéides à ponctuations aréolées à ouvertures obliques et croisées. La présence de tels éléments archaïques dans une famille aussi perfectionnée, doit être considérée comme un phénomène de surévolution.

La présence de fibres à ponctuations aréolées a été exceptionnellement signalée dans le xylème du genre *Xanthosia*, Ombellifère d'Australie (¹). Il restait à préciser la nature exacte de ces éléments ; il y avait lieu d'examiner aussi la constitution du bois de certaines autres Hydrocotyloïdées frutescentes, à formations libéro-ligneuses en anneau continu. Dans ce but, nous avons entrepris l'étude structurale des tiges de quelques espèces appartenant aux genres *Hydrocotyle, Xanthosia, Trachymene, Siebera, Gymnophyton.*

Nous décrirons d'abord l'*Hydrocotyle virgata* L. f., xérophyte du Cap à feuilles aciculaires. Dans la tige âgée, le bois secondaire entièrement sclérifié se compose de rayons médullaires 1-sériés, de fibres et de vaisseaux, ces derniers presque toujours isolés. Les éléments fibreux sont, pour la plupart, des trachéides à ponctuations aréolées ; le diamètre des aréoles ne dépasse guère 4 μ, mais les ouvertures obliques et croisées ne touchent pas

(¹) *Bull. Soc. Géol. de France*, 5ᵉ série, **18**, 1948.

(¹) H. Solereder, *Systematische Anatomie der Dicotyledonen*. Stuttgart, 1899, p. 478.

le bord. Lorsque les perforations existent, elles se montrent au voisinage de chaque extrémité, parfois aussi vers le milieu de la trachéide; leur forme est elliptique (10×4 μ), plus souvent étroite et allongée (15 à 18 μ × 3 μ); on en voit aussi de plus petites, circulaires (3-4 μ) tantôt restant distinctes, tantôt confluant en une longue perforation à 1 ou 2 étranglements. Enfin, l'absence complète de perforation réalise assez fréquemment la « trachéide vraie ». On voit aussi des fibres libriformes, mais peu abondantes.

La constitution du xylème est identique chez l'*H. arbuscula* Schltr., sclérophyte du sud de la colonie du Cap.

Dans le genre *Xanthosa*, nous avons examiné les tiges de 4 espèces remarquables par l'apparition précoce du périderme ainsi que de l'anneau libérolignenx continu : *X. pilosa* Rudge et *X. tridentata* DC. d'Australie orientale, puis *X. ciliata* Hook. et *X. rotundifolia* DC. d'Australie occidentale. Le tissu fibreux de leur bois est constitué presque essentiellement de trachéides à aréoles circulaires (4-6 μ), à ouvertures obliques et croisées, souvent disposées en une seule file. On observe toujours la coexistence de la trachéide vraie et de la trachéide ouverte à perforation elliptique ou ovoïde; fréquemment, c'est la première qui prédomine. Ici encore les fibres libriformes sont peu nombreuses.

Chez le *Trachymene ericoides* Sieb., le *T. linearis* Spreng. et le *Siebera Billardieri* Benth., xérophytes du S. E. de l'Australie, le volumineux cylindre ligneux est divisé par des rayons médullaires en secteurs constitués surtout de fibres libriformes avec des groupes inégaux de vaisseaux conducteurs; à ces derniers se joignent des amas de trachéides à ponctuations aréolées (4-5 μ); les aréoles sont très rapprochées, leurs ouvertures obliques et croisées. On remarque, chez ces trois espèces, la coexistence des « trachéides vraies » et des « trachéides ouvertes », avec prédominance de ces dernières, ainsi que tous les intermédiaires entre les deux types.

Nous avons étudié aussi les tiges âgées des *Gymnophyton flexuosum* Clos., *robustum* Clos. et *polycephalum* Clos., xérophytes aphylles des provinces de Santiago et de Coquimbo. Le bois renferme de nombreuses plages très étendues de fibres libriformes; au voisinage des ilôts vasculaires, on aperçoit des trachéides à ponctuations aréolées (4-5 μ), à fentes obliques et croisées; quelques-unes sont munies de perforations ovoïdes (11 × 7 μ), mais la plupart en sont dépourvues.

Ainsi, dans le cylindre ligneux de ces Ombellifères xérophiles, nous remarquons la coexistence de fibres libriformes et de trachéides à ponctuations aréolées, avec prédominance de l'un ou l'autre de ces types, suivant les genres. Chez toutes les espèces étudiées, nous retrouvons les « trachéides vraies », dépourvues de perforations, puis tous les termes de passage entre ces éléments les plus archaïques et les « trachéides ouvertes », à perforations de forme variable. Comment expliquer l'existence de caractères aussi primitifs dans la famille des Ombellifères, qui occupe le sommet de l'arbre généalogique des Dialypétales? Il nous semble rationnel de voir, dans cette particularité histologique, un cas de surévolution, c'est-à-dire un retour à la forme archaïque après une évolution. Ce retour ancestral, partiel chez le *Trachymene*, le *Siebera*, le *Gymnophyton* où les trachéides sont en minorité, s'accentue nettement chez les *Hydrocotyle* et les *Xanthosia*, où ces éléments prédominent.

Ce caractère structural concorde, d'une part, avec les phénomènes de

surévolution mis en évidence par H. Gaussen ([2]) dans la feuille et l'inflorescence de diverses Ombellifères de la flore française (feuilles entières de *Bupleurum*, ombelles-capitules d'*Eryngium*, etc.). Des exemples analogues se voient dans les feuilles éricoïdes et linéaires de *Trachymene*, les feuilles coriaces et entières de *Xanthosia ciliata* et *Siebera Billardieri*.

Ce retour au type « trachéide » coïncide d'autre part avec une disposition anatomique signalée dans cette famille par P. Ozenda ([3]) : le nœud multilacunaire, c'est-à-dire le nombre assez élevé de faisceaux nodaux, apanage des groupes de base. D'après cet auteur, la réapparition, chez les Ombellifères, de ce mode archaïque doit être rapportée à un processus de surévolution. Ce processus semble devoir être confirmé par la mise en évidence de « trachéides à ponctuations aréolées » dans le bois secondaire de ces diverses Ombellifères frutescentes.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *La structure de l'apex de* Myosurus, *établie d'après son fonctionnement.* Note de M. **Roger Buvat** présentée par M. Raoul Combes.

Le point végétatif de *Myosurus minimus* comprend une région apicale axiale très peu active pendant la croissance végétative. Celle-ci est due au fonctionnement de cellules latérales formant *l'anneau initial* et d'un *méristème médullaire* à caractères très distincts. La région axiale n'entre en activité que lors de la floraison, elle constitue un *méristème d'attente*, et ne construit que les organes reproducteurs.

En 1924, Schmidt distingua deux régions dans les points végétatifs de Dicotylédones : la *tunica*, superficielle, formée d'une ou de plusieurs assises où ne se produisent que des mitoses anticlines, et le *corpus*, sous-jacent, où l'on ne voit pas, en général, d'assises régulières.

L'existence de ces deux régions est indiscutable, mais cette structure histologique ne délimite pas les territoires fonctionnellement différents du point végétatif. En 1947, L. Plantefol établit que la région organogène du point végétatif n'est pas terminale, mais est constituée d'une zone latérale, l'*anneau initial*, qui renferme les « *centres générateurs de feuilles* ».

Nos études sur les points végétatifs de *Cheiranthus*, de *Lupinus*, puis de *Myosurus*, appuient les conceptions de Plantefol et nous permettent de distinguer plusieurs territoires, de destinées différentes, tant dans la *tunica* que dans le *corpus*. Des résultats récents de Fardy, Schwartz et Cuzin, sur le Tabac, et de Bersillon, sur *Papaver somniferum*, sont compatibles avec les nôtres.

Dans un point végétatif tel que celui de *Myosurus*, nous distinguerons les régions suivantes (schéma, *fig.* 1) :

([2]) Surévolution et sénilité chez les Végétaux (*Revue scientifique*, 1947, p. 275).

([3]) *Recherches sur les Dicotylédones Apocarpiques*, Paris, 1949, p. 134.

1° Une région apicale centrale, constituée de la partie centrale de la *tunica* et de l'extrême sommet du *corpus*. De rares mitoses s'y produisent, car elle s'accroît lentement, depuis la germination jusqu'à la floraison, mais elle n'entrera en activité histogène que *lors de la floraison*, si elle a lieu. Nous la désignerons donc sous le terme de *Méristème d'attente* (*fig.* 1, m. a.).

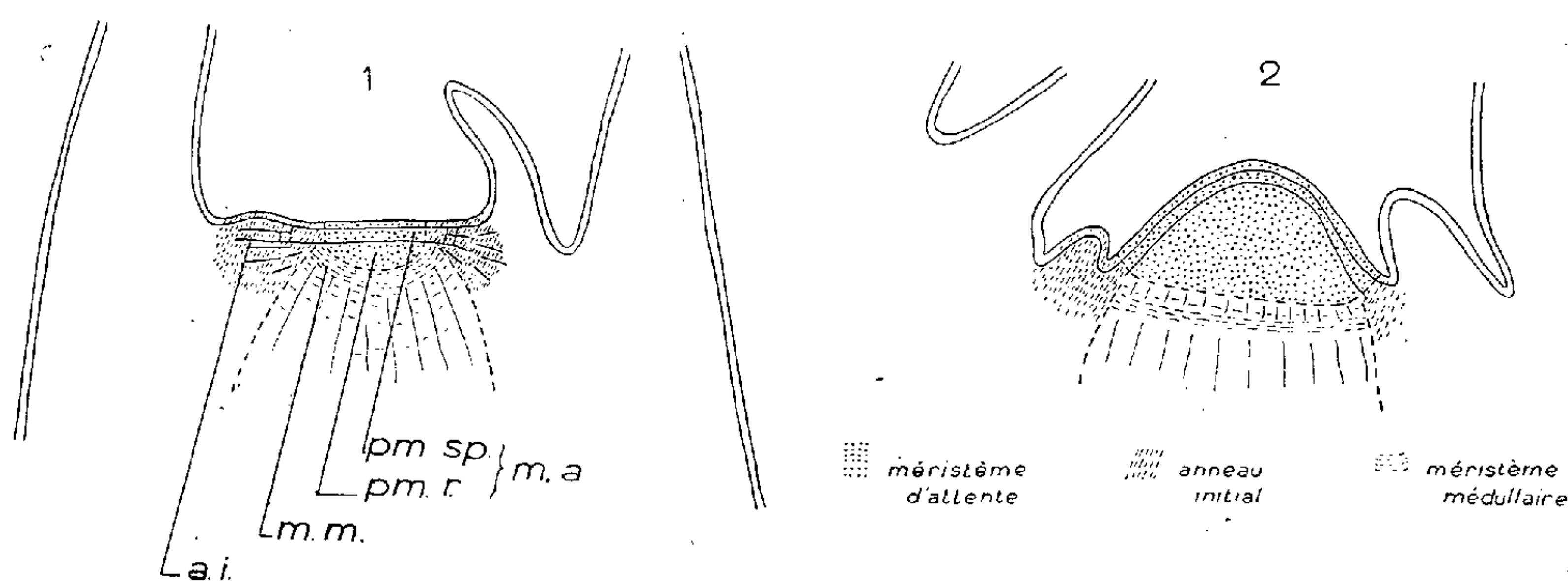


Fig. 1. — Schéma de l'organisation du point végétatif de *Myosurus minimus* L.
Fig. 2. — Naissance de la fleur : activation du méristème d'attente et disparition de l'anneau initial.

A la fin de la phase végétative, cette région apicale construit une fleur (*fig.* 2). Elle comprend deux parties : la partie *tunicale* et notamment l'assise sous-épidermique, initie les pièces florales. Nous lui attribuerons l'expression de « *proméristème sporogène* » (*fig.* 1, pm. sp.). La région sommitale du *corpus* fournit alors le support du méristème floral : c'est-à-dire la masse du réceptacle, elle constitue le « *proméristème réceptaculaire* » (pm. r.).

2° Le *méristème d'attente* est entouré d'une zone annulaire (*fig.* 1, a. i.), beaucoup plus active pendant toute la croissance végétative. Ce territoire, principalement *tunical*, est l'*anneau initial* décrit par L. Plantefol. Il se régénère par des mitoses anticlines vers sa limite interne. Plus extérieurement, il initie les feuilles par le jeu de mitoses périclines. Les bords de l'anneau se relèvent là où apparaissent les initiums, tandis que les cellules plus profondes prolifèrent en construisant les soubassements foliaires. L'ensemble des soubassements foliaires donne naissance à l'essentiel des tissus de la tige, notamment aux parenchymes soi-disant « corticaux » et aux tissus conducteurs.

3° Il reste dans la région axiale, au-dessous du méristème d'attente, des cellules, habituellement considérées comme faisant partie du *corpus*, mais qui subissent des cloisonnements sensiblement orthogonaux à l'axe de la tige. Elles édifient des files de cellules ayant, à bien des égards, la struc-

ture et l'aspect de cellules cambiales. Elles produisent principalement, vers le bas, des cellules médullaires et peuvent donner vers le haut, des méristèmes de croissance intercalaire, notamment lors de la formation du pédoncule floral. Pour ces cellules à grande vacuole, à prolifération orientée, nous adopterons l'expression de *méristème médullaire* (m. m.).

L'allongement des tiges résulte du fonctionnement du méristème médullaire et de la croissance des soubassements foliaires, il est donc *subterminal* comme celui des racines.

Les termes que nous proposons ne condamnent pas les noms de « *tunica* » et de « *corpus* », mais précisent, dans ces deux zones, les diverses régions organogènes ou histogènes. Le tableau ci-dessous fournit la correspondance entre les deux terminologies.

Tunica	Anneau initial	
	Proméristène sporogène	Méristème d'attente
Corpus	Proméristème réceptaculaire	
	Méristème médullaire	

Cette correspondance ne saurait être absolue, car *tunica* et *corpus* ne sont pas des « feuillets », rigoureusement indépendants; ainsi, le *corpus* de *Myosurus* provient de la *tunica* et il n'est pas exclu que les descendants des cellules d'une des régions passent dans les territoires issus principalement d'une région voisine. Le fonctionnement de l'apex n'est pas le déroulement de processus prédéterminés, il est soumis aux conditions physiologiques de chaque instant, et il est impossible de tracer des limites intangibles entre les divers territoires, cependant distincts par leur destinée.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du méso-inositol et de l'adénine sur la formation de bourgeons par le tissu cambial d'*Ulmus campestris *cultivé* in vitro. Note de M. **Clément Jacquiot**, présentée par M. Raoul Combes.

Des expériences de culture *in vitro* de tissu cambial d'*Ulmus campestris* ont montré que les variations absolues et relatives des concentrations d'adénine et d'inositol dans le milieu de culture, ont une influence déterminante sur le nombre des bourgeons formés.

Dans ses recherches sur le bourgeonnement du tissu cambial d'*Ulmus campestris*, R.-J. Gautheret [1] avait montré que le nombre des bourgeons formés à l'unité de surface était fonction de la nature et de la concentration du sucre utilisé pour le milieu de culture.

J'ai recherché d'autre part l'influence de l'adénine et du méso-inositol sur ce même phénomène.

(1) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 632.

Technique. — Le milieu employé dans toutes les expériences est formé de solution de Knop diluée de moitié, glucosée à 2 % et gélosée à 1,3 % (milieu B) à laquelle sont ajoutées des concentrations variables d'adénine et d'inositol.

Les explantats sont prélevés par la méthode de R.-J. Gautheret pendant la période avril-juillet, par la méthode de Gioelli pendant le reste de l'année. Dans le premier cas la densité des bourgeons formés est rapportée au centimètre carré de la surface cambiale, dans le deuxième cas, au centimètre linéaire du périmètre d'affleurement du cambium sur la tranche de l'explantat.

Les cultures ont été maintenues en étuve réglée à 26° sous lumière du jour diffuse.

Résultats. — A. *Expériences d'hiver.* — Les explantats ont été prélevés sur deux brins d'une même cépée de taillis exploités les 6 novembre et 16 décembre 1950.

Date de prélèvement.	Concentrations d'adénine.	Concentrations d'inositol.	Nombre total de bourgeons après 45 jours.	Périmètre total (cm).	Densité des bourgeons.
I. 6 novembre 1950....	0	0	104	51,7	2
	0	10^{-3}	110	30,8	2,8
	10^{-4}	0	192	28	6,9
II. 16 décembre 1950....	0	0	0	39	0
	0	10^{-3}	33	42	0,79
	10^{-4}	0	145	36,5	4

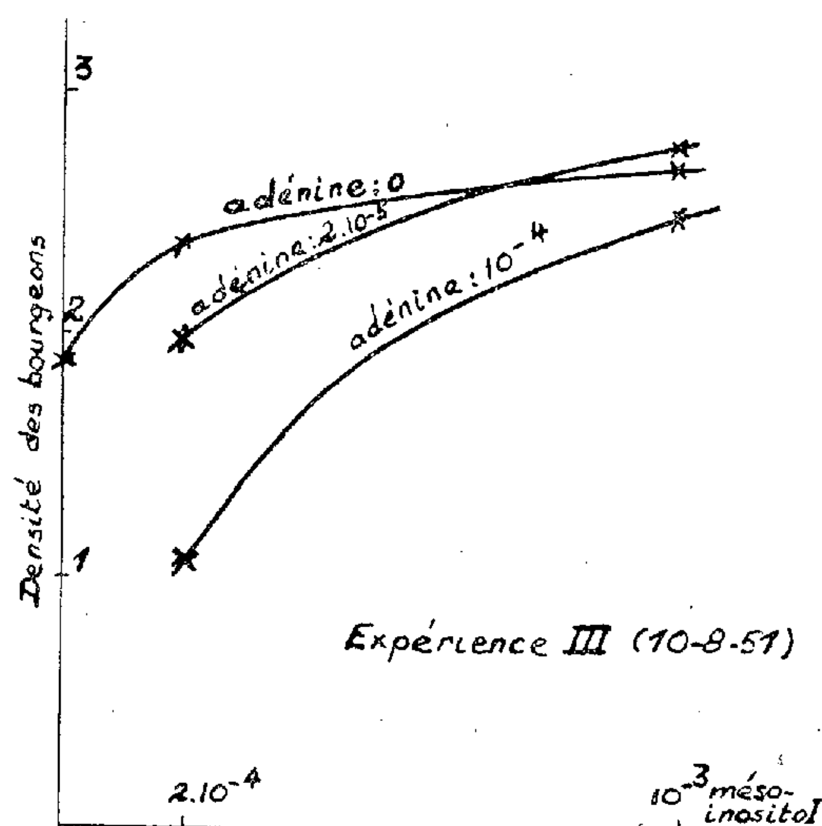
B. *Expériences d'été :*

Date de prélèvement.	Concentrations d'adénine.	Concentrations d'inositol.	Nombre total des bourgeons.	Surface totale (cm²).	Densité des bourgeons.	Augmentation (+) ou diminution (—) (%).
I. 1er juillet 1951 (sur tige).....	0	0	200	22,1	9,1	—
	0	10^{-3}	442	25,9	17	+ 87
	$5,10^{-5}$	0	209	24,6	8,5	— 6,4
	10^{-4}	0	314	38	8,3	— 8,8
II. 3 juillet 1951 (sur tige).....	0	0	65	11	5,9	—
	0	10^{-3}	173	12,9	13,4	+ 125

Une troisième expérience a porté sur des explantats prélevés sur une grosse racine le 10 août 1951 et cultivés sur sept milieux différents : milieu B, milieu B additionné d'inositol aux concentrations 2.10^{-4} et 10^{-3}, milieu B additionné des quatre combinaisons possibles des concentrations 2.10^{-4} et 10^{-3} d'inositol et 2.10^{-5} et 10^{-4} d'adénine.

Les courbes ci-contre figurent les résultats obtenus, qui concordent avec les précédents. Elles mettent en évidence l'action inhibitrice du rapport adénine/inositol.

Conclusions. — L'inositol et l'adénine sont des facteurs de formation des bourgeons chez *Ulmus campestris*. Dans les trois expériences faites en été, l'inositol est apparu comme un facteur limitant, et l'augmentation du rapport adénine/inositol a exercé une action inhibitrice sur la formation des bourgeons.



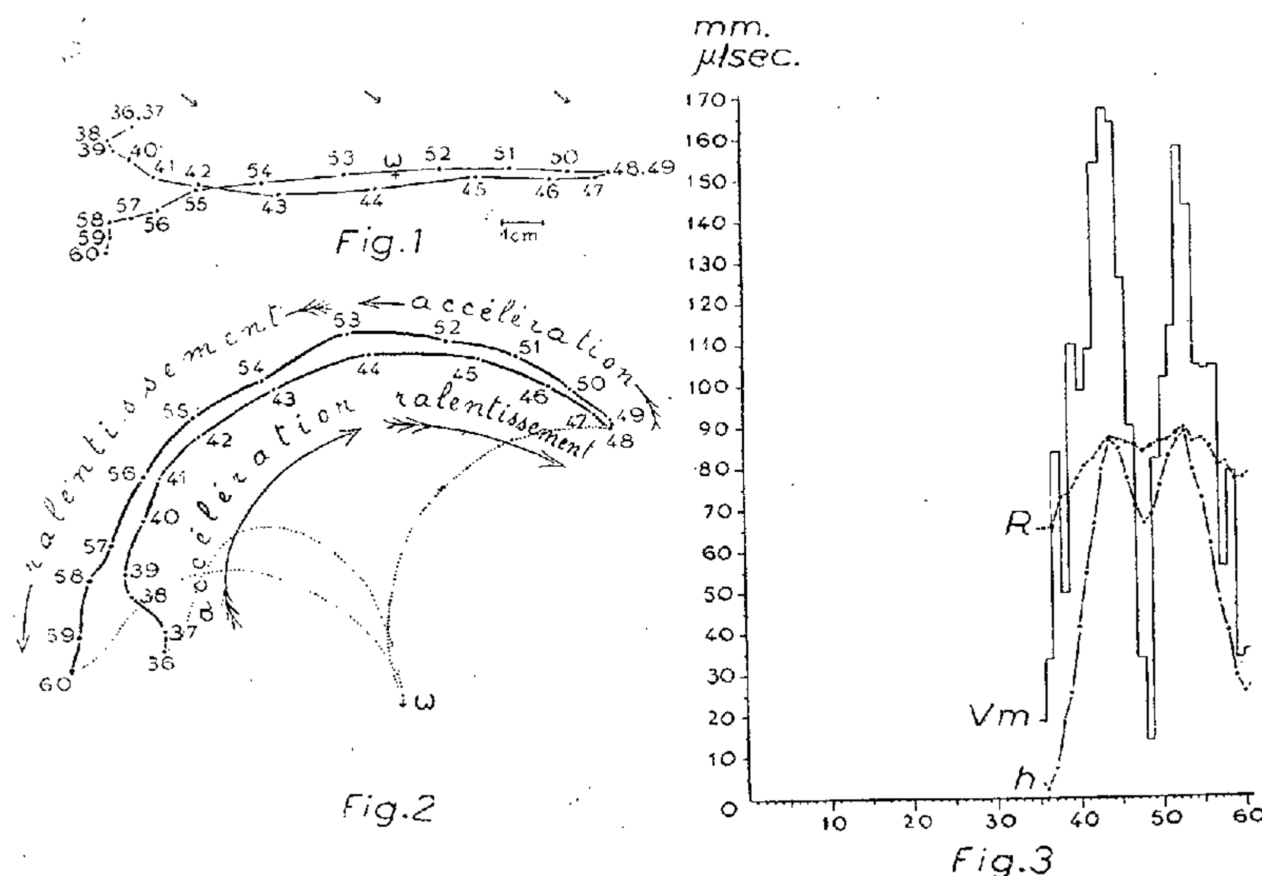
En hiver au contraire, c'est l'adénine qui apparaît comme un facteur limitant. L'ensemble des résultats donne à penser que ce sont les variations de la teneur des tissus en adénine et en inositol qui déterminent effectivement les variations observées au cours des saisons dans la faculté de bourgeonnement du tissu cambial d'orme.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Description schématique de la nutation révolutive des vrilles.* Note de M. **Antonin Tronchet** et Mme **Josette Tronchet**, présentée par M. Raoul Combes.

Le fléchissement périodique du sommet de la vrille permet de décomposer la nutation révolutive en demi-révolutions. Dans chacune de celles-ci on distingue une phase d'accélération de la vitesse, caractérisée aussi par un accroissement de la cote de hauteur et du rayon efficient, puis une phase de ralentissement de la vitesse, de diminution de la cote hauteur et du rayon efficient.

Soit une vrille de Cucurbitacée en période de croissance et d'excitabilité thigmotropique. Au moyen de deux demi-cylindres de moelle de sureau et d'une ligature on fixe au sommet d'un support rigide le nœud de la tige au niveau duquel elle s'attache. L'orientation donnée au dispositif est telle que la vrille oscille librement de part et d'autre d'une position moyenne plus ou moins verticale, au-dessus de sa base immobile.

Par une méthode appropriée on effectue à intervalles de temps égaux la projection orthogonale du sommet de la vrille sur le plan horizontal passant par sa base ω (*fig.* 1) et l'on mesure simultanément la cote de hauteur h de ce sommet par rapport à ce même plan horizontal. On détermine ensuite par le calcul la longueur du *rayon efficient* R (segment rectiligne unissant le sommet à la base) et la *vitesse moyenne* V_m du sommet dans chacun des intervalles de temps compris entre deux relevés consécutifs.



Bryonia dioica Jacq. Observ. 157 (13-9-1943). — Fig. 1. Graphique des projections orthogonales du sommet de la vrille sur le plan horizontal passant par sa base ω. — Fig. 2. Représentation du même mouvement en perspective cavalière (échelle 1/3, rapport de réduction des fuyantes K = 1, angles des fuyantes $\alpha = 60°$); en pointillé la configuration approximative de la vrille pour les positions initiale et finale 36 et 60 et la position intermédiaire 48. — Fig. 3. Diagrammes des variations de la cote de hauteur h, du rayon efficient R (en millimètres) et de la vitesse moyenne V_m du sommet (en μ par seconde); en abscisses les temps numérotés par intervalles de 150 secondes.

Dans l'exemple représenté ici, le sommet de la vrille, dans ses déplacements successifs, ne s'écarte que faiblement d'un même plan vertical passant par sa base et dessine en projection horizontale une courbe formée de deux parties à peu près égales très rapprochées l'une de l'autre (*fig.* 1). Son mouvement rappelle ainsi une oscillation pendulaire. Cependant, dans la plupart des cas le tracé des projections horizontales du sommet tend vers une figure elliptique ou plus ou moins circulaire.

Quelle que soit d'ailleurs la forme de ce tracé on constate que la cote de hauteur h, la vitesse moyenne V_m et le rayon efficient R présentent des oscillations de grande amplitude dont les maxima et les minima très nets se succèdent à intervalles de temps relativement réguliers, et ces oscillations

ont tendance à concorder dans le temps pour les trois grandeurs soit exactement, soit avec un faible décalage (*fig.* 3).

La figure 2 représente une telle oscillation en *perspective cavalière*. Les positions 36, 48 et 60 du sommet de la vrille (*points d'infléchissement maximum* (1) correspondent à des valeurs minima non seulement de h, mais aussi de R et de V_m ce qui signifie que pour chacune de ces positions les plus basses de sa pointe la vrille présente un maximum de courbure et un minimum de vitesse. Dans les deux positions intermédiaires 44 et 53, les grandeurs h, R et V_m passent au contraire par leur valeur maximum : ce sont les positions les plus hautes de la pointe de la vrille et elles correspondent en même temps à des minima de courbure et des maxima de vitesse.

L'espace parcouru par le sommet de la vrille entre deux points d'infléchissement maximum consécutifs tels que 36 et 48 ou 48 et 60 représente une *demi-révolution*, et deux demi-révolutions consécutives amènent ce sommet en un lieu de l'espace ordinairement peu éloigné de celui où il se trouvait au début de la première (points 60 et 36).

Dans chaque demi-révolution, en partant du point d'infléchissement maximum par lequel elle commence jusqu'au point d'infléchissement maximum suivant par lequel elle se termine, on peut distinguer une phase d'accélération de la vitesse qui est en même temps une phase d'accroissement de la cote de hauteur et du rayon efficient, puis une phase de ralentissement de la vitesse caractérisée également par une diminution de la cote de hauteur et du rayon efficient. Ces phases d'accélération et de ralentissement alternent régulièrement au cours de la nutation révolutive.

Bien que basée sur un exemple concret, la figure 2 peut être donnée comme un schéma synthétique résumant les caractères essentiels du mouvement révolutif d'exploration des vrilles, au moins celles des Cucurbitacées et des Passifloracées.

Ce schéma est confirmé par l'ensemble de nos observations et celles, plus récentes, de nos collaborateurs MM. A. Quantin, L. Baillaud et Mlle E. Crinquand, observations portant sur une quinzaine d'espèces et représentant plus de 600 h de mouvement révolutif dans des conditions déterminées de température, de lumière et d'humidité.

---

(1) A. Tronchet et M[me] J. Tronchet, *Remarques sur les oscillations de la cote de hauteur dans la nutation des vrilles* (*Ann. scient. de Franche-Comté*, 2[e] année p. 3-13, 10 fig., bibl., 1947).

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'action antimitotique de l'hydrazide maléique.* Note de M. **Guy Deysson** et Mlle **Alice Rollen**, présentée par M. René Souèges.

C'est essentiellement en empêchant les cellules d'entrer en mitose que l'hydrazide maléique agit comme inhibiteur de croissance chez les végétaux. Avec des concentrations convenables, il existe une période au cours de laquelle les racines continuent à s'allonger alors que leurs méristèmes ne renferment plus aucune mitose; l'action inhibitrice sur l'élongation cellulaire ne se manifeste donc que plus tardivement.

L'hydrazide maléique a été préconisée, depuis Schoene et Hoffman (¹), pour inhiber la croissance des végétaux; Greulach et Atchison (²) ont montré que ce corps provoque, chez l'*Allium Cepa* L., une diminution du nombre des mitoses accompagnée d'un ralentissement de l'allongement des racines. L'étude de l'intensité de ces deux actions en fonction de la concentration fournit des courbes qui ne sont pas superposables et les auteurs pensent que les solutions les plus faibles inhibent seulement la mitose, tandis que des solutions plus concentrées agissent à la fois sur la mitose et sur l'élongation cellulaire. On sait, d'autre part, que les causes de l'inhibition mitotique peuvent être variées (blocage en stathmométa- ou stathmoanaphase, blocage au cours des phénomènes d'ana- et de catachromase, empêchement de l'entrée en mitose, etc.). Il nous a donc paru intéressant d'entreprendre des recherches en vue de préciser le mécanisme cytologique de l'action de l'hydrazide maléique. Nos expériences ont été effectuées sur des racines de bulbes d'*Allium Cepa* L., suivant notre technique habituelle (³).

Voici les principaux résultats obtenus :

1° *Concentration de* 5.10^{-3}. — Arrêt immédiat de la croissance. Les cinèses, qui n'ont pu s'achever, restent nombreuses; on observe des troubles divers (pycnose, agglutination chromosomique, etc.) sur lesquels nous ne nous attarderons pas car ils correspondent à une action léthale.

2° *Concentration de* 10^{-3}. — La diminution de l'index mitotique, déjà nette après 4 h de traitement, est de 50 % après 6 h 30 mn (Index mitotiques : 36,4 et 32,8 ‰ contre 77,2 et 70,9 chez les témoins). Elle est accompagnée d'une légère diminution de la proportion des prophases (35 % contre 49 %) et d'une légère augmentation de celle des télophases (50 % contre 32 %). Après 9 h 30 mn de traitement, il n'y a plus que 300 à 400 cinèses par méristème, dont 55 à 60 % sont des télophases; enfin, après 24 h, il ne reste que 15 à 20 cinèses par méristème.

(¹) *Science*, 109, 1949, p. 588.

(²) *Bull. Torrey bot. Club*, 77, 1950, p. 262.

(³) G. Deysson, *Thèse Doct. pharm.* (*État*). Paris, 1948.

3° *Concentration de* 5.10^{-4}. — On assiste ici à une diminution régulière de l'activité mitotique. Les méristèmes comprennent 220 à 400 cinèses après 8 h, 41 à 90 cinèses après 13 h, 49 à 69 cinèses après 26 h, 17 à 38 cinèses après 50 h et, enfin, il ne reste plus aucune cinèse dans les prélèvements effectués après 78 et 96 h. Toutes les cinèses en cours ont donc pu s'achever. D'autre part, dans toutes les énumérations effectuées, on observe tous les stades mitotiques, en proportions normales et sans aucune anomalie. L'action antimitotique consiste donc uniquement ici en une inhibition préprophasique.

4° *Concentration de* 10^{-4}. — Comme dans l'expérience précédente, l'activité mitotique diminue régulièrement : 379 à 427 cinèses après 24 h, 89 à 116 cinèses après 34 h, 3 à 25 cinèses après 58 h, zéro après 77 h; comme précédemment, les proportions des divers stades mitotiques sont partout normales. On remarque ici que l'allongement des racines qui, jusqu'à 34 h, n'est guère inférieur à celui du témoin (6 mm en moyenne, contre 10), continue encore après 58 h (13 mm contre 25) et même après 77 h, alors que l'activité mitotique est pratiquement arrêtée depuis 34 h. Diverses expériences ont été effectuées, dans lesquelles les racines ont été soustraites à l'action de l'hydrazide maléique et replacées sur milieu normal après 77, 48, 24 et même 12 h. Dans aucun cas, on n'a constaté de reprise définitive de l'activité mitotique. D'autre part, l'action inhibitrice sur l'allongement des racines s'est toujours manifestée avec un certain retard sur l'action mitodépressive; il en résulte l'existence constante d'une période pendant laquelle il ne reste pratiquement plus de cinèses tandis que l'allongement des racines continue.

Nos expériences mettent donc en évidence deux faits intéressants concernant l'action inhibitrice de l'hydrazide maléique sur la croissance.

1° Cette action consiste essentiellement en une inhibition préprophasique. Au contraire, aucune action ne semble s'exercer sur les mitoses en cours qui sont toutes normales; on assiste à une diminution progressive de leur nombre, qui va jusqu'à leur disparition totale et qui indique que toutes les mitoses en cours s'achèvent normalement. Pendant cette période, les proportions des divers stades ne sont jamais modifiées, du moins de façon notable.

Remarquons toutefois que, dans certaines expériences, la proportion des télophases est un peu augmentée, ce qui indique un léger ralentissement de ce stade.

2° Dans les expériences effectuées avec les concentrations les plus faibles, on constate qu'il existe toujours une période au cours de laquelle les racines continuent à s'allonger alors que leurs méristèmes ne renferment plus aucune mitose. Ces faits démontrent donc la réalité de l'hypothèse émise par Greulach et Atchison; l'hydrazide maléique inhibe d'abord la mitose et, ensuite seulement, l'élongation cellulaire. Des faits analogues semblent avoir été observés sous l'action des rayons X [4].

Ces résultats sont d'autant plus intéressants que, dans la plupart des cas étudiés jusqu'ici, on observe généralement que l'élongation cellulaire est inhibée avant la mitose.

---

(4) C. EIGENMANN, *Thèse Doct. Méd.*, Berne, 1948.

BOTANIQUE. — *La théorie des hélices foliaires multiples devant l'observation.* Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Roger Heim.

La théorie des hélices foliaires multiples reçoit de l'observation de nouvelles et nombreuses confirmations sur les Angiospermes les plus variées.

D'une part, la valeur d'une théorie se mesure à la généralité avec laquelle elle s'applique; d'autre part, l'étude des anomalies est le meilleur moyen d'assurer la connaissance du normal. Il était donc essentiel d'étendre, autant que possible, les observations relatives à la *théorie des hélices foliaires multiples*.

Énoncée il y a 6 ans ([1]), puis exposée ([2]) sur un petit nombre d'exemples choisis parmi ceux qui devaient être les plus démonstratifs, cette théorie a, depuis, fait l'objet d'un très grand nombre d'*observations* et de *recherches*, pour une forte part inédites. La liste des espèces d'Angiospermes où j'en ai personnellement vérifié le bien-fondé, s'élève à plus de 300, réparties à travers tout cet embranchement et parmi les plus diverses des formes biologiques présentées par les tiges.

L'étude phyllotaxique d'une espèce donnée a une efficacité très variable. Une espèce végétale dont la *disposition foliaire* serait absolument *fixe*, ne permettrait, sans le recours à l'expérience, aucune conclusion pour ou contre une théorie phyllotaxique. Comme espèce très stable, je citerai une Pervenche, *Vinca major* L., à feuilles opposées : sur plus de 1000 tiges provenant de 3 populations différentes, 2 % seulement ont montré une anomalie : séparation des 2 feuilles d'un verticille. Sur un échantillon, cette anomalie affectait 3 verticilles successifs, écartant les feuilles au maximum de 18 mm pour des entre-nœuds moyens de 100 mm. Ces observations confirment l'indépendance essentielle de 2 feuilles opposées, contraire à la notion classique de verticille, compatible avec l'existence de 2 hélices foliaires donnant en même temps une feuille à chaque verticille.

D'autres espèces, à *phyllotaxie variable*, sont beaucoup plus démonstratives. Ce sont surtout des plantes vivaces hémicryptophytes. On trouve, sur le même pied de *Fuchsia majellanica* L. var. *riccartonii*, des rameaux principaux également normaux à feuilles verticillées par 2, ou par 3, ou par 4 (2, 3 ou 4 hélices foliaires). Sur le *Sedum maximum* Hoffm. la variation est la même, tandis que sur le *Platycodon grandiflorum* DC. elle s'étend de 2 à 5. Chez ces deux derniers, les verticilles se disloquent

([1]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 422.
([2]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 11e série, **7**, 1946, p. 153 et **8**, 1947, p. 79.

souvent et les tiges à *hélices foliaires régulières* peuvent fournir un *ensemble foliaire irrégulièrement spiralé*. Il faut opposer variation normale du nombre des hélices foliaires au moment de la *formation* d'un bourgeon de souche et variation plus ou moins tératologique au cours du *développement*. La première donne une pousse régulière; la seconde peut mener à la fasciation. Je n'ai jamais vu de fasciation chez le *Fuchsia riccartonii*; le *Sedum maximum* qui superpose les 2 modes de variation est fréquemment fascié.

Les tiges à *disposition spiralée* sont les moins favorables à une démonstration ou à une critique des hélices foliaires. Les plus fréquentes, à 2 hélices (*Rosa*, *Populus*, *Quercus*, *Arbutus*, etc.), ont généralement de grandes feuilles à insertion large et leurs hélices foliaires ne so t pas isolées l'une de l'autre à la surface de la tige. J'ai porté surtout mon attention sur les cas où, cette séparation se réalisant, on pourrait trouver des anomalies par apparition de feuilles isolées ou sans ordre dans les bandes intercalaires. Deux séries de plantes répondent à ce dessein :

1. *Tiges à forte croissance diamétrale*. — Le Soleil, *Helianthus annuus* L., demeure le plus intéressant exemple. Sur près de 500 pieds examinés (var. *uniflorus*), je n'ai pas trouvé un seul cas où une feuille fût insérée en dehors des 2 hélices foliaires normales. Sur 28 tiges, l'écartement des hélices foliaires a été corrélatif de 1, et même de 2 dédoublements d'hélices préexistantes; mais les anomalies réalisées, dans ces 28 cas que la pensée classique rejetterait comme anormaux, viennent, parce qu'elles montrent l'adjonction d'hélices foliaires supplémentaires, à l'appui de la théorie des hélices foliaires multiples.

2. *Plantes microphylles*. — Elles ont permis des études particulièrement fructueuses sur des plantes, *Linum* (3), *Linaria*, *Sedum* (4), dont certaines ont été suivies depuis la graine. Des procédés qui ont été étudiés dans le détail, réalisent, à partir des 2 hélices cotylédonaires, un nombre relativement élevé d'hélices foliaires (7 chez certains *Sedum*).

Si l'on ajoute à cet ensemble l'étude des *modifications biologiques* subies par les tiges [tiges plagiotropes : *Hedera helix* L. (5); tiges tubérisées : *Solanum tuberosum* L. (6), tiges fusionnées avec leurs feuilles dans les plantes cactoïdes : plus de 100 espèces étudiées en vue d'une publication d'ensemble, etc.], il est permis d'énoncer la conclusion suivante :

La théorie des hélices foliaires multiples a apporté *une même* explication

---

(3) Mlle A. CARTON, *Rev. Gén. Bot.*, 55, 1948, p. 137.

(4) R. DESCHATRES, *Diplôme d'études de la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand*, 1951.

(5) Mlle C. ROCHE, *Rev. Gén. Bot.*, 56, 1949, p. 49.

(6) Mlle D. MAQUET, *Diplôme d'études de la Faculté des Sciences de Paris*, 1950.

simple de *toutes* les dispositions phyllotaxiques et permet de comprendre comment sont, de ce point de vue, construites toutes les tiges *réelles*.

En regard de ces faits positifs, il est légitime de rappeler que les critiques dont les hélices foliaires multiples ont été l'objet sont théoriques ([7]). Si aucun travail morphologique n'a, à ma connaissance, après exposé de faits, énoncé l'idée que ces faits ne paraissaient pas explicables par les hélices foliaires, divers savants ont fait état de la compréhension que cette théorie leur avait apportée ([8]) ou même, tenants de l'école classique par leur passé, non convaincus encore, ont dit les clartés qu'ils trouvaient en elle ([9]).

Mais le point le plus important en faveur de cette théorie est, nous le verrons, qu'elle obtient la confirmation de l'expérience.

MYCOLOGIE. — *Sur la présence des anses d'anastomose dans le carpophore de quelques Basidiomycètes résupinés.* Note de M. **Jacques Boidin**, présentée par M. Roger Heim.

L'emploi du microscope à contraste de phase associé à un traitement alcalin préalable a permis de mieux préciser l'existence et la répartition des boucles pour 70 espèces au sujet desquelles les publications ne donnent que des renseignements vagues ou erronés.

Les études des mycéliums en culture et de la sexualité soulignent la grande importance que l'on doit attacher désormais à des caractères tels que l'absence, la présence et la constance des anses d'anastomose. Si ces caractères sont souvent notés scrupuleusement pour les cultures, il n'est pas rare, dans les meilleurs travaux, de ne trouver sur la répartition des boucles dans les carpophores que des renseignements incomplets ou vagues; c'est que, pour bien des espèces, ces éléments sont très difficiles à déceler par les méthodes d'observation courantes.

L'emploi du microscope à contraste de phase associé à un énergique traitement alcalin préalable permet, dans un grand nombre de cas, d'être bien mieux renseigné. La solution alcaline élimine le contenu cellulaire, ne laissant subsister que les membranes qui, de plus, assouplies, se brisent moins facilement; l'emploi d'un colorant tel que le Rouge Congo en solution ammoniacale renforce encore la vigueur des images.

Grâce à cette technique très simple nous avons cherché à étudier avec plus de précision la présence, et en ce cas la répartition des boucles chez

---

([7]) Anonyme, *Science* (London), **162**, 1948, p. 798. *Cf.* aussi L. Plantefol, *Rev. Gén. Bot.*, **56**, 1949, p. 237.

([8]) C. Sironval, *Bull. Soc. R. Bot. Belgique*, **82**, 1949, p. 9.

([9]) B. Haccius, *Sitzungsber. Heidelberger. Akad. Wiss.*, 1950, n° **6**.

quelques Corticiés, Stéréinés et Hydnés résupinés pour lesquels les travaux même très récents n'étaient pas très explicites. Dans bien des cas, nous avons pu arriver à une certitude quasi absolue de leur constance, ayant pu observer des anses aux très nombreuses cloisons des hyphes et à la base des basides et cystides que nous avons examinées. Chez d'autres espèces, la présence d'hyphes rigides et cassantes, ou très tortueuses et contournées, ou encore solidement soudées entre elles, de même que l'abondance des cloisons de retrait ont rendu les observations plus délicates; pour un certain nombre de cloisons il nous était impossible d'affirmer l'existence ou l'absence de boucle. Dans d'autres cas les anses sont absentes aux basides ou à certaines hyphes ou encore manquent totalement. Nous ne signalerons que les faits aptes à compléter le travail de Bourdot et Galzin [1] ou les travaux ultérieurs de systématique.

Alors que nous n'avons pu déceler aucune boucle chez *Corticium portentosum* Bk. et Curt., *croceum* (Kunze) et *Glœocystidiellum alutaceum* (Schrad.), elles existent à toutes les hyphes et basides de *C. anthracophilum* Bourd., *fuscoatratum* Burt (= *ochroleucum* Bres.), *confluens* Fr., *ochraceofulvum* B. et G. et *udicolum* Bourd. ainsi que chez *Gl. leucoxanthum* (Bres.), *porosum* (Bk. et Curt.), *prætermissum* (Karst.), *tophaceum* B. et G., *roseo-cremeum* (Bres.) et *pallidum* (Bres.). Les boucles sont nombreuses chez *C. Rickii* Bres.; mais sa texture ne permet pas d'affirmer leur constance. Nous ne serons pas plus affirmatif pour les hyphes, très collapses, du *C. lividum* Pers., dont les basides sont régulièrement bouclées. Sur plusieurs spécimens de *C. rhodoleucum* Bourd. nous n'avons pu remarquer que quelques fausses boucles; une vérification cytologique nous a montré que cette espèce aux articles uninucléés est une forme parthénogénétique à rattacher aux *C.* à spores amyloïdes [vers *C. cebennense* Bourd. et *Peniophora subsulphurea* (Karst.)]. Chez les *Peniophora subalutacea* (Karst.), *pallidula* Bres., *setigera* (Fr.), *mutata* (Peck) et *gracillima* Ell. et Ev. les boucles se rencontrent partout et, notons-le particulièrement, à toutes les cloisons des longues cystides des trois premiers. Elles sont constantes aux hyphes et basides du *P. subulata* B. et G.; nous n'avons pu étudier la base des cystides trop cassantes dans l'eau et très attaquées par la potasse. Les *P.* des groupes *Membranaceæ* « A » et *Radicatæ* : *P. cremea* Bres., *affinis* Burt, *macrospora* Bres., *velutina* DC ex Fr., *sanguinea* (Fr.) ... ont des anses rares, souvent opposées par deux ou verticillées par 3 ou 4 sur les plus gros filaments du subiculum et surtout décelables à la marge (Biggs [2], p. 76); nous n'en avons vu aucune aux basides et cystides ni dans le sous-hyménium. Les *P.* section *Ceraceæ* B. et G. typiques se divisent en deux groupes : alors que

---

[1] *Hyménomycètes de France*, Paris, 1928.

[2] *Mycologia*, 30, (1), 1938, p. 64-78.

P. gigantea (Fr.) et *Roumeguerii* (Bres.) ont des boucles rarissimes aux hyphes, celles-ci semblent constantes chez *P. pubera* (Fr.) et sa var. *livescens* (Karst.) et *P. guttulifera* (Karst.). Chez les *P.* sect. *Coloratæ* l'étude de la répartition des anses est difficile à cause de la texture dense de la plupart des espèces. Cependant nous n'avons pu voir de cloisons non bouclées chez *P. aurantiaca* (Bres.), *incarnata* (Pers. ex. Fr.), *Lycii* (Pers.), *cinerea* (Fr.), *nuda* (Fr.), *quercina* (Pers. ex. Fr.), *junipericola* Eriks. et *violaceo-livida* (Somm.). La constance des anses d'anastomose ne peut être établie avec la même certitude pour *P. fraxinea* (Pers.), *Piceæ* (Pers.), *Pithya* (Pers.) et *proxima* Bres. Dans le genre *Aleurodiscus*, elles sont constantes chez *A. roseus* (Pers.) et *disciformis* (DC.) alors qu'aucune boucle n'a pu être décelée chez *A. amorphus* (Pers.) et *aurantius* (Pers.). Les *Stereum areolatum* Fr., *lævigatum* (Fr.) et *Chailletii* (Pers.) ont leurs basides, cystides et leurs hyphes sous-hyméniales bouclées; l'étude des hyphes à paroi très épaisse est délicate. Très nombreuses chez *St. spadiceum* (Pers.) et *abietinum* Pers. (elles ne sont pas constantes aux hyphes de ce dernier), elles ne manquent à aucune cloison du *St. fuscum* (Schrad.), mais par contre font défaut aux basides et aux plus fines ramifications sous-hyméniales du *St. purpureum* Pers. [*cf.* Robak ([3])].

La constance des boucles a pu être établie chez la plupart des Hydnés étudiés par nous : *Radulum quercinum* Fr., *membranaceum* (Bull.) (malgré de nombreuses cloisons de retrait), *Odontia bicolor* (Alb. et Schw.), *papillosa* (Fr.), *crustosa* (Pers.), *Bugellensis* Ces., *Queletii* B. et G., *Mycoleptodon fimbriatum* (Pers.). Il en est sans doute de même chez *M. Litschaueri* B. et G. et *O. subabrupta* B. et G. Elles sont par contre extrêmement rares dans le subiculum et absentes de l'hyménium de *O. hydnoides* (Cooke et Mass.).

ZOOLOGIE. — *Existence d'un stade grégaire transitoire au cours de l'otogénèse des Spongiaires* : Halisarca dujardini (*Johnston*) *et* Oscarella lobularis (*Schmidt*). Note de M. **Claude Lévi**, transmise par M. Louis Fage.

On sait que, chez les Spongiaires acalcaires, les ovogonies apparaissent çà et là dans le mésenchyme et qu'elles restent solitaires au cours de leur développement, effectuant des migrations nombreuses à l'intérieur de l'éponge. Les ovocytes se comportent de même et, malgré leur rapprochement en certaines régions de l'éponge, ne sont vraiment groupés que dans des cas exceptionnels (par exemple les nids d'ovocytes de certaines Haplosclérines). Par l'absence d'ovaire et l'isolement de leurs œufs, les Spongiaires se séparent ainsi nettement des autres Métazoaires.

([3]) *Meddelelser fra Veslandets forstlige Førsøksstation*, 7, (25), 1942, p. 248.

Chez les Hydraires, cependant, les ovogonies apparaissent isolément et ne deviennent grégaires qu'après de grandes migrations; mais, dans ce groupe, ce stade grégaire est définitif et les ovocytes resteront groupés. Les ovogénèses très différentes des deux Éponges acalcaires : *Halisarca dujardini* (Johnston) et *Oscarella lobularis* (Schmidt) comportent un stade grégaire transitoire situé au terme de la génération ovogoniale ou au début de la période de petit accroissement de l'ovocyte. Les ovogonies d'*Halisarca dujardini*, dispersées dans le mésenchyme, sont identifiables

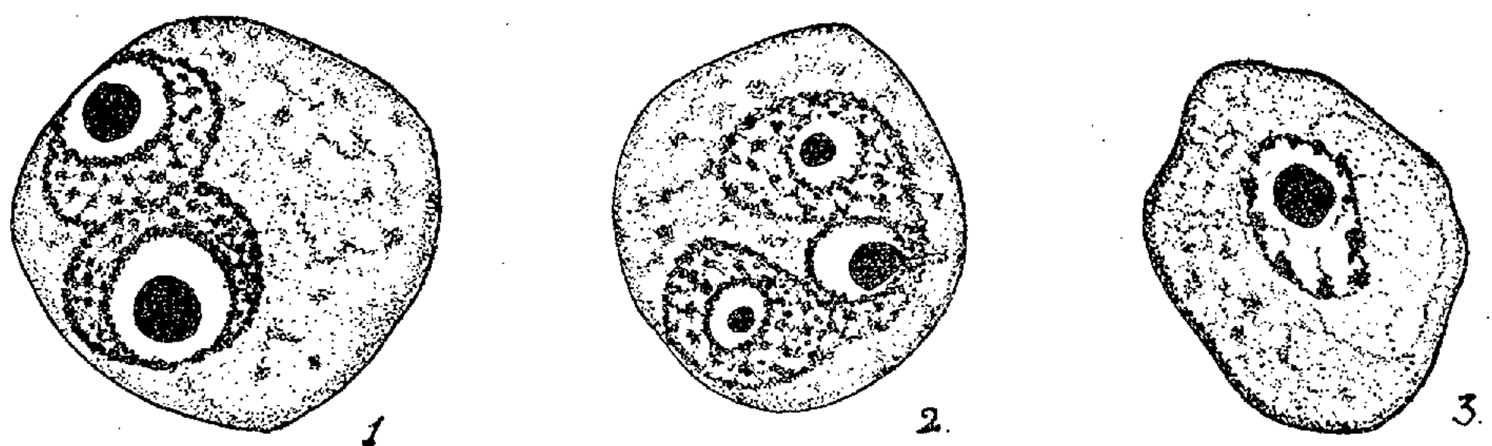


Fig. 1 et 2. — Jeunes ovocytes d'*Halisarca dujardini* (Johnston).
Fig. 3. — Ovocyte jeune d'*Oscarella lobularis* (Schmidt).

dès la taille de 4,5 μ. Leur forte basophilie et leur volumineux nucléole permettent de les reconnaître au milieu des amoebocytes; elles sont généralement situées au voisinage des cavités choanocytaires et montrent, sur coupes, de nombreux pseudopodes. Augmentant de taille, elles atteignent, au maximum, 20 μ de diamètre et sont, alors, de grosses cellules à contour irrégulier, toujours fortement basophiles, à cytoplasme clair où se trouvent, éparses, quelques petites granulations. Le noyau de 10 μ de diamètre est pourvu d'un nucléole excentrique. A ce stade, les ovogonies émigrent en masse et se pressent en certains points de l'éponge, points dont la position est d'ailleurs imprécise et variable en profondeur. Corrélativement, l'éponge subit un changement de structure car ces agglomérations d'ovogonies disloquent ou repoussent les corbeilles vibratiles qui les entourent. Les ovogonies se divisent, mais il n'est pas possible d'en distinguer une deuxième génération.

Les jeunes ovocytes rassemblés ont une structure particulière. Leur cytoplasme, dense à la périphérie, est très finement réticulé et vacuolaire; les pseudopodes subsistent, mais sont courts et arrondis. Le noyau est hypertrophié, sans forme bien définie, arrondi, en arc ou en haltère; il contient généralement un ou deux nucléoles de taille variable, parfois trois, rarement quatre et cinq, de petite taille; chacun de ces nucléoles est inclus dans une vésicule claire. La chromatine est abondante et réticulée. Ces jeunes ovocytes d'*Halisarca* paraissent souvent binucléés, mais,

en réalité, le réseau chromatique est continu et les nucléoles sont inclus dans un noyau unique à contours anormaux. Ils rappellent cependant les ovocytes binucléés observés au même stade, par Duboscq et Tuzet chez *Grantia compressa*, par Fiedler chez *Spongilla* et par Leveaux chez *Ephydatia fluviatilis*, qui les considèrent d'ailleurs comme anormaux. Il est vraisemblable qu'une partie de ces ovocytes plurinucléolés n'évoluent pas et disparaissent, car le nombre des ovocytes en cours de grand accroissement est toujours bien inférieur à celui des ovogonies. Il est curieux de retrouver de semblables images à la fin de la phase végétative des Myxosporidies.

Chez *Oscarella lobularis*, les phénomènes nucléaires sont beaucoup plus simples et les ovogonies ont une structure normale. Ce sont des cellules de 10 à 15 μ, uninucléées et uninucléolées, à cytoplasme vacuolaire plus clair dans sa partie périnucléaire. Les rassemblements observés sont, ici, localisés autour de l'hypophare. Le développement des éléments sexuels ♀ n'étant pas synchrone, il est possible de voir les ovogonies groupées voisiner avec les œufs mûrs et même avec les premiers stades embryonnaires.

Les jeunes ovogonies se déplacent dans l'éponge en empruntant les canaux, et les ovocytes circulent dans le mésenchyme en direction centripète au fur et à mesure de leur accroissement. Au contraire, les ovogonies d'*Halisarca dujardini*, dont le système aquifère est très réduit, se déplacent à travers le mésenchyme par voie amoeboïde.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur la descendance unisexuée d'une femelle de* Pleurodeles Waltlii Michah. *ayant subi, pendant sa phase larvaire, l'action gynogène du benzoate d'œstradiol.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Deux femelles de *Pleurodeles Waltlii Michah.* provenant d'un lot totalement féminisé par un traitement hormonal gynogène ont fourni une descendance F_1. L'une des femelles a donné 100% de mâles, l'autre la *sex-ratio* normale : 1♂♂ : 1♀♀. Ce résultat traduit l'homogamétie du sexe mâle chez les Urodèles.

Il a été démontré ([1]) que des têtards de l'Urodèle *Pleurodeles Waltlii* Michah. peuvent avoir leur gonade totalement féminisée à la suite d'un traitement par une solution hydro-alcoolique de benzoate d'œstradiol. Tous les individus ont des ovaires qui deviennent fonctionnels. Comme, chez cette espèce, on observe constamment, chez les témoins, une *sex-ratio* normale (50 % ♂♂ : 50 % ♀♀), ceci signifie que, dans les expériences de ce type, la moitié des individus physiologiquement femelles sont en fait des mâles génétiques, cependant que 50% des individus sont à la fois génétiquement et physiologiquement femelles.

([1]) L. Gallien, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 919.

Il y avait un grand intérêt théorique à croiser de tels individus physiologiquement femelles avec des mâles normaux.

Cette tâche a été rendue très difficile par le fait qu'il n'avait pas été possible jusqu'alors d'obtenir, chez les larves traitées, des oviductes fonctionnels. L'ovaire libérait bien ses œufs, mais ceux-ci ne pouvant être évacués se désintégraient dans la cavité abdominale.

A la suite de traitements gynogènes ménagés, dont le détail sera exposé ultérieurement, j'ai pu réussir à obtenir des individus dont la gonade est un ovaire, et qui ont également des oviductes fonctionnels. Deux femelles ainsi obtenues ont pu être croisées avec des mâles normaux. Leur descendance est extrêmement significative.

♀ DK_3-17. — Origine : Une ponte du 6 septembre 1949. Traitement gynogène du 5 décembre 1949 jusqu'à la métamorphose (février 1950). L'animal adulte est accouplé avec un mâle normal et pond au total 160 œufs, du 9 au 15 février 1951, c'est-à-dire à l'âge de 15 mois. Mortalité de la F_1 aux divers stades : 110. Survivants autopsiés : 50 soit 31,2 %.

L'étude du sexe de ces descendants F_1 a été entreprise dès que possible : 4 animaux autopsiés trop jeunes ne laissaient pas reconnaître leur sexe. *Les 46 autres étaient tous mâles*. Cette femelle a donc fourni une descendance F_1 uniquement mâle. Ce fait se comprend si l'on admet que la mère était un mâle génétique devenu une femelle physiologique. Le sexe mâle était homogamétique (ZZ). Le croisement réalisé s'écrit : ♀ (ex-mâle ZZ) × ♂ (ZZ) = ZZ = 100 % ♂. Ce premier résultat prend toute sa signification si on le compare à celui que donne l'étude de la F_1 de la seconde femelle.

♀ DK_3-18. — Cette femelle est une sœur de DK_3-17, élevée et traitée exactement dans les mêmes conditions. Accouplée avec un mâle normal, elle pond 125 œufs le 27 février 1951. Mortalité F_1 aux divers stades : 78. Survivants autopsiés : 47, soit 37,6 %.

Sur les 47 animaux étudiés, 3 examinés trop tôt n'avaient pas encore leurs gonades différenciées, les 44 autres donnèrent la *sex-ratio* suivante : 21 ♂♂ : 23 ♀♀. La femelle DK_3 — 18 est une femelle génétique demeurée une femelle physiologique : croisement (♀ WZ × ♂ ZZ) = 50 % WZ (♀) et 50 % ZZ (♂). Le pourcentage des survivants étant comparable pour les deux femelles (31,2 % et 37,6 %), il ne saurait être question de mortalité différentielle d'un sexe pour la ♀ DK_3 — 17. La mortalité embryonnaire et larvaire touche également les deux sexes.

Je pense pouvoir étendre ces résultats dans l'avenir, mais la longueur même des expériences m'incite à publier ces premières observations.

Humphrey ([2]) a réussi, chez l'Axolotl, à réaliser, à la suite de la greffe d'ébauche présomptive d'une gonade mâle embryonnaire sur un embryon

([2]) R. R. HUMPHREY, *Anat. Rec.*, **82**, n° 3, 1942, p. 77; et *Amer. J. Anat.*, **76**, 1945, p. 33.

génétiquement femelle, la masculinisation de cette femelle et à obtenir la descendance F_1 d'animaux à phénotype sexuel inversé. Il a trouvé 3 ♀ ♀ : 1 ♂ ♂, l'une des 3 ♀ ♀ était de constitution WW, les deux autres ZW. La digamétie femelle de l'Axolotl était établie.

L'expérience rapportée ici, sur un autre Urodèle, est l'exacte réplique du travail de Humphrey, mais l'inversion est réalisée dans l'autre sens (♂ → ♀). Les résultats correspondent pleinement à ceux de Humphrey relativement au sexe homogamétique.

On a donc pu obtenir, pour la première fois chez un Vertébré Tétrapode, par une hormone sexuelle synthétique, l'inversion totale, permanente, physiologiquement fonctionnelle, à la fois germinale et somatique du phénotype sexuel, ce qui permet d'apporter une nouvelle preuve génétique de la digamétie du sexe.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude chronaximétrique des antagonismes pouvant exister entre hormones et vitamines et entre divers produits endocriniens.* Note (*) de MM. **Raoul Lecoq**, **Paul Chauchard** et Mme **Henriette Mazoué**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons déjà montré ici même que l'étude des effets qu'exercent sur le système nerveux des substances douées de propriétés pharmacodynamiques variées permet, en les opposant, d'apporter des lumières utiles sur leur mode d'action, et spécialement sur leurs antagonismes et leurs synergies [1]. Des injections simultanées ou successives aboutissant à la neutralisation des troubles chronaxiques, qui se produisent d'ordinaire quand les injections sont pratiquées isolément, sont le fait d'une inhibition réciproque des effets nerveux et, le plus souvent, de retentissements plus amples, dont ces effets nerveux sont la manifestation.

Utilisant la méthode des injections espacées sur le Rat adulte pris comme animal d'expérience, nous avons d'abord pratiqué une injection préalable (par voie sous-cutanée ou péritonéale), suivie 40 à 90 mn après (alors que les chronaxies motrices nerveuses périphériques étaient redevenues voisines de la normale), d'une injection seconde, opposant la deuxième substance à la première. Dans ces conditions [2], les perturbations chronaxiques (déterminées par la méthode percutanée sur les nerfs extenseurs et fléchisseurs des orteils), qui se trouvent provoquées par l'injection de la deuxième substance, peuvent être inhibées (il y a alors antagonisme), exagérées (s'il y a synergie)

(*) Séance du 1er octobre 1951.

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 303 et 628; **232**, 1951, p. 2045 et 2146.

(2) *Thérapie*, **4**, 1949, p. 182; *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 1550 *Ann. pharm. franç.*, **8**, 1950, p. 701.

ou non modifiées (action nulle). Déjà, nous avions étudié (utilisant les effets nerveux chroniques et l'action sur la chronaxie utérine), les antagonismes des extraits anté- et posthypophysaires quand ceux-ci sont opposés entre eux ou aux principales vitamines ([3]); mais les conclusions ainsi obtenues restaient nécessairement limitées.

1. Dans une première série d'expériences, nous avons recherché l'influence exercée par quelques hormones (dihydrofolliculine ou œstradiol, progestérone, testostérone, insuline, parathormone et thyroxine) sur les effets des vitamines du complexe B (thiamine, riboflavine, nicotinamide, adénine et acide pantothénique) et de la vitamine C.

L'œstradiol, l'insuline et la parathormone inhibent les effets nerveux de l'acide ascorbique et laissent subsister ceux du complexe B. Or, ces hormones se comportent précisément comme des substances alcalosiques ou anti-acides; il n'est donc pas surprenant de les voir neutraliser la vitamine C (acidosique), alors que subsiste l'action du complexe B (alcalosique).

Inversement, la progestérone et la testostérone, qui sont les hormones acidosiques ou anti-alcalines, inhibent l'action du complexe B, alors que subsistent les effets de la vitamine C.

Très curieusement, la thyroxine (principe acidosique) neutralise à la fois l'action du complexe B et celle de la vitamine C, parce que la thyroxine exerce une action antagoniste physiologique élective sur ces deux vitamines. Il a paru intéressant de l'opposer à la vitamine A, qui est alcalosique ainsi que le complexe B et ne paraît pas avoir d'action spécifique sur les hormones thyroïdiennes ([4]). Si la neutralisation des effets n'est pas totale, en raison de la forte dose de thyroxine mise en œuvre (500 γ), elle est cependant sensible et se montre au moins égale à celle qu'exerce le carbonate monosodique (bicarbonate de sodium) sur la même dose de thyroxine. L'antagonisme vitamine A-thyroxine se montre ainsi limité aux effets qu'exercent ces substances sur la régularisation acido-basique.

Par ailleurs, nous avons constaté que la vitamine D (calciférol), qui est acidosique, exerce sur la parathormone une action différente de celle de l'acide ascorbique, également acidosique. Il n'y a plus dans ce cas inhibition, mais exaltation des effets nerveux (synergie), la parathormone et la vitamine D intervenant conjointement dans le métabolisme calcique.

2. Dans une seconde série, nous avons opposé douze substances endocrines, celles-ci étant aussi bien représentées par des extraits glandulaires que par des hormones pures. La technique mise en œuvre restant la même que précédemment, les produits endocriniens utilisés furent : l'œstradiol, l'insuline, la

---

([3]) R. Lecoq, B. Chauchard, P. Chauchard et H. Mazoué, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **31**, 1949, p. 326.

([4]) T. H. Mc Gavack., *The Thyroïd*, Saint-Louis, 1951, p. 157.

vagotonine, la parathormone et l'extrait antéhypophysaire (dont nous avions établi déjà l'action alcalosique ou anti-acide), la progestérone, la testostérone, la désoxycorticostérone, la thyroxine, l'extrait hépatique, l'extrait épiphysaire ([5]) et l'extrait posthypophysaire (qui se montrent à l'opposé acidosiques ou anti-alcalins).

Nous avons réalisé 30 associations de ces produits deux par deux, contrôlant nos expériences en inversant parfois l'ordre des facteurs; or, dans tous les cas, les substances endocrines acidosiques se sont révélées inhibitrices des substances alcalosiques et inversement.

On doit pouvoir enregistrer, avec les facteurs endocriniens comme avec les vitamines, des antagonismes d'ordre physiologique spécifique; mais nous n'en avons pas rencontré parmi les douze substances essayées, les lois de la régulation de l'équilibre acidobasique suffisant à expliquer toutes les neutralisations des effets nerveux constatés. Ces antagonismes correspondent d'ailleurs aux effets physiologiques généraux observés jusqu'ici.

Conclusions. — La chronaximétrie constitue un bon test pour l'étude des antagonismes hormonaux, qu'il s'agisse d'opposer entre eux des facteurs endocriniens ou qu'on oppose des vitamines aux hormones.

Dans l'ensemble, l'influence qu'exerce chacune de ces substances sur l'équilibre acido-basique paraît prépondérante dans la production de la plupart des réactions antagonistes. Il n'est cependant pas exclu que certaines réactions spécifiques puissent également exister, parmi lesquelles l'antagonisme vitamines B-thyroxine et la synergie vitamine D-parathormone.

La séance est levée à 15 h 45 mn.

L. B.

([5]) Précisons toutefois que si l'extrait épiphysaire se montre anti-alcalin à la dose utilisée dans l'essai (5 cg), il devient anti-acide aux doses plus faibles (5 mg).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 OCTOBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

IMMUNOLOGIE. — *Le développement de l'antitoxine staphylococcique chez les Bovidés soumis aux injections d'anatoxine spécifique.* Note de MM. **Gaston Ramon, Rémy Richou, Pierre Julienne, Jean Jacquet** et **Claude Gerbeaux.**

En présence de l'échec partiel de l'antibiothérapie dans le traitement des mammites staphylococciques des Bovidés, il nous a semblé intéressant, à plus d'un point de vue, de compléter par de nouvelles recherches celles que nous avions entreprises dès 1941, avec G. Holstein [1] et qui avaient montré que l'anatoxine staphylococcique, aux doses que nous avions fixées, constituait une méthode satisfaisante de lutte contre ces mammites et apparaissait capable de rendre, au point de vue économique, d'importants services. Les recherches immunologiques auxquelles nous nous étions livrés à l'époque et qui mettaient en évidence la faculté que possèdent les Bovidés d'acquérir rapidement une immunité de haute valeur, à la suite des injections d'anatoxine staphylococcique, faisaient également entrevoir la possibilité de réaliser une vaccination préventive contre le staphylocoque.

Au cours de nouvelles recherches, nous nous sommes donc proposé d'étudier, sur une grande échelle, la valeur thérapeutique et préventive de l'anatoxine staphylococcique dans les mammites de la Vache dues au staphylocoque et de suivre, chez tous les animaux immunisés, le développement et l'évolution de l'immunité spécifique engendrée par les injections d'anatoxine.

Nous ne relaterons ici que les résultats immunologiques obtenus et qui nous ont permis d'apporter d'utiles précisions : 1° sur le développement de l'immunité spécifique chez des génisses ou chez des femelles adultes

(1) *Cf.* par exemple : G. Ramon, R. Richou et G. Holstein, *Bull. Acad. Vétér.*, 15, 1942, p. 55.

immunisées au moyen de quatre injections (10, 15, 20 et 20 cm^3) d'anatoxine, à cinq jours d'intervalle, suivies ou non d'une injection de rappel de 20 cm^3, pratiquée quelques mois plus tard; 2° sur le taux antitoxique enregistré chez des femelles (précédemment vaccinées) au moment de la parturition, chez leurs veaux à la naissance, chez les mêmes veaux, après vaccination dès les premiers jours de leur existence.

Nos recherches ont confirmé, chez presque tous les animaux, et à un degré variable, suivant leur âge et leurs conditions de vie, la présence de l'immunité antistaphylococcique naturellement acquise à la suite d'infections staphylococciques apparentes ou inapparentes ([2]).

Elles montrent que les injections répétées d'anatoxine staphylococcique, aux doses indiquées, engendrent, chez tous les animaux, *le développement de l'antitoxine spécifique* à des taux en rapport avec leur âge (en moyenne 5 unités chez les animaux de 5 à 8 mois, 11 unités chez ceux de 1 an à 20 mois, 14 unités chez ceux de 2 ans et plus), mais qui peuvent varier avec le milieu dans lequel ils sont placés. Toutefois, l'immunité obtenue est nettement plus faible que celle que nous avions enregistrée (en moyenne 33 unités) avec G. Holstein ([3]) chez des animaux immunisés, dans les mêmes conditions, avec une anatoxine staphylococcique de même valeur antigène, additionnée de 2 % d'alun de potassium, ce qui illustre une fois de plus l'*importance des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité* mises en évidence par l'un de nous.

Le taux de l'antitoxine, obtenu après les injections d'anatoxine, baisse assez rapidement, tout en restant supérieur à celui enregistré lors de la recherche de l'immunité naturelle, mais une injection de rappel, pratiquée 7-8 mois après la vaccination, fait nettement remonter le titre antitoxique des sérums.

Chez les femelles, immunisées avant la mise-bas, l'antitoxine est transmise de la mère au fœtus à travers le placenta et les veaux possèdent, à leur naissance, une certaine immunité passive. Ces veaux, vaccinés dès les premiers jours de leur existence, n'acquièrent qu'une faible immunité active comme si leur organisme n'était pas encore apte à produire des antitoxines. En effet, immunisés de nouveau, quelques mois plus tard, ils répondent aux injections d'anatoxine par une production d'antitoxine nettement plus importante.

Un certain nombre de conséquences pratiques se dégagent de ces constatations d'ordre immunologique.

Le fait que tous les animaux, vaccinés à partir du cinquième mois,

---

([2]) *Voir* à ce propos : G. Ramon, Richou et J. Descazeaux, *Revue d'Immunologie*, 1, 1935, p. 401.

([3]) R. Richou et G. Holstein, *Revue Méd. Vét.*, 117, 1941, n° 11.

développent rapidement dans leur organisme l'antitoxine spécifique, à un taux plus ou moins élevé, indique que l'anatoxine staphylococcique peut être utilisée avec des chances de succès dans la lutte contre les mammites staphylococciques. En effet, l'antitoxine, dont une certaine quantité passe dans le lait, en neutralisant l'action agressive de la toxine, permet à la défense cellulaire, à la phagocytose, jusque-là paralysée par les produits toxiques du staphylocoque, de s'exercer à nouveau sans entraves et de remplir ses fonctions habituelles : atteindre les germes dans leur vitalité, les faire disparaître, assurer la résorption des débris cellulaires et la réparation des tissus. L'action thérapeutique de l'anatoxine étant fonction du taux de l'antitoxine spécifique développée dans l'organisme des animaux immunisés, apparaît, une fois de plus, la nécessité d'utiliser une anatoxine additionnée d'une substance adjuvante de l'immunité qui, grâce à la légère réaction inflammatoire qu'elle provoque, entraîne la production d'une quantité accrue d'antitoxine. Cette substance adjuvante et stimulante de l'immunité pourrait être l'alun de potassium qui nous a donné antérieurement d'excellents résultats, l'hydroxyde d'aluminium dont les propriétés stimulantes de l'immunité sont bien connues et qui possède sur l'alun de potassium l'avantage d'entraîner des réactions plus faibles, ou encore un mélange de germes microbiens, par exemple de staphylocoques, streptocoques, colibacilles, etc., en provenance d'une infection mammaire, tués par le formol et la chaleur ménagée et transformés ainsi en anavaccin. Cette dernière formule aurait l'avantage, non seulement de renforcer l'action de l'anatoxine spécifique, mais encore, à condition d'utiliser une souche de germes aussi virulente que possible, dont la plus grande partie de la valeur antigène aurait été préservée au cours de la transformation en anavaccin, d'apporter peut-être une utile contribution à la lutte contre les mammites mixtes, dans lesquelles sont en jeu à la fois le streptocoque, le staphylocoque ou d'autres germes encore. Des recherches que nous poursuivons depuis un certain temps déjà sont orientées dans cette voie.

Il semble donc que l'on doive associer à la thérapeutique par les antibiotiques, qui, seule, n'a pas toujours donné les résultats attendus et qui, en outre, présente des inconvénients sérieux pour l'industrie fromagère, l'anatoxithérapie spécifique capable non seulement d'apporter une utile contribution à l'œuvre de guérison, mais encore de s'opposer dans une certaine mesure aux récidives et aux réinfections, rôle que ne peuvent jouer les antibiotiques dont l'action n'est que transitoire.

Quant à la prévention des mammites staphylococciques, elle apparaît réalisable avec l'anatoxine staphylococcique justement à cause de la persistance de l'immunité dont elle entraîne le développement dans l'organisme. Cependant, la très faible immunité, constatée chez les veaux vaccinés à la naissance, semble indiquer qu'il n'y a pas intérêt à commencer

l'immunisation avant l'âge de 5 à 6 mois. Toutefois, l'addition à l'anatoxine du mélange de germes microbiens que nous avons préconisée pourrait permettre, chez ces tout jeunes animaux, l'obtention d'une immunité supérieure à celle que nous avons enregistrée avec l'anatoxine seule.

M. **Roger Heim** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage suivant : Muséum national d'histoire naturelle. Laboratoire de cryptogamie. *Catalogues des collections vivantes, herbiers et documents*. III. *La Mycothèque. Premier supplément : Micromycètes*, dont il a écrit l'*Avant-propos*.

M. **Albert Portevin** dépose sur le Bureau de l'Académie une *Notice* sur la vie et les travaux de son prédécesseur, Maxime Laubeuf, qui sera imprimée dans le Recueil des *Notices et discours*.

DÉSIGNATIONS.

M. **Louis Blaringhem** est désigné pour représenter l'Académie aux cérémonies organisées par l'**Académie des Sciences de Göttingen**, le 10 novembre 1951, pour commémorer le deux-centième anniversaire de sa fondation.

MM. **Maurice de Broglie**, **Armand de Gramont**. **Louis de Broglie**, **Albert Caquot**, **Léon Binet**, **Pierre Chevenard**, **Georges Darrieus**, **Hippolyte Parodi**, **André Mayer** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu le 23 octobre 1951, à la Sorbonne, à l'occasion du centième anniversaire de la naissance d'**Arsène d'Arsonval**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Commission du Châtaignier. *Bulletin technique châtaignier* n° 3. *Semaine internationale du Châtaignier, septembre* 1950.

2° *Index to the Proceedings, Philosophical Transactions and Obituary Notices of the Royal Society of London*, 1941-1950.

3° Colloques internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique. XXVI. *Mécanisme de la Narcose. Paris,* 19-26 *avril* 1950.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Algèbres quasi unitaires.* Note de M. **Jacques Dixmier**, présentée par M. Gaston Julia.

La notion d'algèbre unitaire, due à W. Ambrose (¹), simplifiée par R. Godement (²), permet d'étudier par exemple l'algèbre des fonctions continues numériques à support compact sur un groupe localement compact unimodulaire et les premiers exemples de facteurs donnés par F. J. Murray et J. von Neumann (³), mais laisse échapper le cas des groupes non unimodulaires et les exemples de facteurs (notamment de facteurs purement infinis) donnés par J. von Neumann (⁴). La notion d'algèbre quasiunitaire couvre ces cas.

1. Soit A une *-algèbre sur le corps complexe, munie d'un produit scalaire qui en fait un espace préhilbertien. Soit H l'espace hilbertien complété de A. Soit J un opérateur auto-adjoint ≥ 0 inversible dans H (non nécessairement borné), appliquant biunivoquement A sur A, et tel que, pour $x \in A$, $y \in A$, on ait $J(xy) = (Jx)(Jy)$, $(Jx)^* = J^{-1}x^*$. On dira que A est une algèbre quasiunitaire si les axiomes suivants sont vérifiés :

A.1. $\langle x, y \rangle = \langle y^*, x^* \rangle$ pour $x \in A$, $y \in A$.

A.2. $\langle xy, z \rangle = \langle y, Jx^*.z \rangle$ pour $x \in A$, $y \in A$, $z \in A$.

A.3. Pour tout $x \in A$, l'application $y \to xy$ est continue.

A.4. A^2 est partout dense dans A.

A.5. J et J^2 sont les plus petits prolongements fermés de leurs restrictions à A^2.

Lorsque $J = 1$, les axiomes A1 — A4 sont les axiomes de R. Godement pour les algèbres unitaires, et l'axiome A5 est évidemment vérifié.

2. Les applications $y \to xy$, $y \to yx$ de A dans A se prolongent en des opérateurs continus U_x, V_x de H. L'application $x \to x^*$ se prolonge en une involution S de H. Soient R^g et R^d les anneaux d'opérateurs engendrés par les U_x et les V_x. On a $R^g = S(R^d)$. Alors, généralisant le théorème 1 de [G1], on a le

Théorème 1. — *R^g est le commutant de R^d.*

Théorème 2. — *J appartient (au sens large) à l'anneau engendré par R^g et R^d.*

Suivant R. Godement, on dit qu'un $a \in H$ est borné à gauche s'il existe un opérateur continu V_a de H tel que $U_a x = V_x a$ pour $x \in A$.

Théorème 3. — *S'il existe des opérateurs auto-adjoints ≥ 0 inversibles M et M', appartenant au sens large à R^d et R^g, et tels que $M' = SMS$, $J = M'M^{-1}$, R^d et*

(¹) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 65, 1949, p. 26.

(²) *Cf.* le chapitre I d'un Mémoire à paraître sur les caractères des groupes localement compacts; l'essentiel se trouve déjà dans R. Godement, *Journ. de Math.*, 30, 1951, p. 1. Ces mémoires sont notés respectivement [G1] et [G2] dans la suite.

(³) *Ann. of Math.*, 37, 1936, p. 116.

(⁴) *Ann. of Math.*, 41, 1940, p. 94. Cité [N] dans la suite.

R^g *sont sans composante purement infinie* (⁵). *Soit* $\mathfrak{m}$ *l'ensemble des opérateurs de la forme* $\sum_{i=1}^{n} U_{a_i} U^{\star}_{b_i}$ *où les* a_i, b_i *sont des éléments bornés à gauche tels que* Ma_i, Mb_i *existent. Alors,* $\mathfrak{m}$ *est un idéal bilatère de* R^g *qui engendre* R^g, *et la formule* $\varphi(\Sigma U_{a_i} U^{\star}_{b_i}) = \Sigma < Ma_i, Mb_i >$ *définit sur* $\mathfrak{m}$ *une trace continue fidèle* [6].

Si $J = 1$, on retrouve le théorème 2 de [G 1].

THÉORÈME 4. — *Si* R^g *et* R^d *sont sans composante purement infinie, et si la condition suivante est vérifiée*

(C) *Il existe dans* R^d *et* R^g *des sous-*$\star$*-algèbres abéliennes maximales* R^d_1 *et* R^g_1, *permutables à* J, *telles que* $R^d_1 = S(R^g_1)$

alors, il existe des opérateurs auto-adjoints ≥ 0 *inversibles* M *et* M', *appartenant au sens large à* R^d *et* R^g, *tels que* $M' = SMS$, $J = M'M^{-1}$.

La condition (C) est superflue lorsque A est de dimension finie et probablement dans le cas général.

3. Soient E un espace localement compact, G un groupe localement compact. Soient dx la mesure de Haar de G, Δ son module. Supposons que G opère à droite dans E comme groupe d'homéomorphismes, l'application $(x, \alpha) \to x\alpha$ de $E \times G$ dans E étant continue. Appelons multiplicateur une fonction $\sigma(x, \alpha)$ continue > 0 sur $E \times G$ telle que $\sigma(x, \beta\alpha) = \sigma(x\beta, \alpha)\sigma(x, \beta)$. Soient L l'ensemble des fonctions continues complexes à support compact sur $E \times G$, μ une mesure positive sur E de support E telle que $d\mu(x\alpha) = \rho(x, \alpha)\, d\mu(x)$, $\chi_1(x, \alpha)$ et $\chi_2(x, \alpha)$ deux multiplicateurs. Posons [7]

$$f \star g(x, \alpha) = \int f(x\beta, \alpha\beta) g(x, \beta^{-1})\, d\beta, \qquad < f, g > = \iint f(x, \alpha) \bar{g}(x, \alpha)\, d\mu(x)\, d\alpha;$$

$$f^{\star}(x, \alpha) = \chi_1(x, \alpha^{-1}) \bar{f}(x\alpha^{-1}, \alpha^{-1}), \qquad Jf(x, \alpha) = \chi_2(x, \alpha^{-1}) f(x, \alpha).$$

Alors, si $\chi_1^2 = \Delta\rho$, $\chi_2^2 = \Delta\rho^{-1}$, L est une algèbre quasi unitaire. Le théorème 1 fournit donc, lorsque E se réduit à un point, une généralisation aux groupes non unimodulaires du théorème de commutation de R. Godement et I. E. Segal [8].

Si $\varphi(x)$ est une fonction mesurable essentiellement bornée sur E, posons, pour $f \in H$, $L_\varphi f(x, \alpha) = \varphi(x) f(x, \alpha)$, $L'_\varphi f(x, \alpha) = \bar{\varphi}(x\alpha^{-1}) f(x, \alpha)$. Soient R^d_1 et R^g_1 les anneaux engendrés par les L_φ et les L'_φ. Disons que G est libre si, pour $x \in E$ en dehors d'un ensemble localement négligeable de E, l'application $\alpha \to x\alpha$ de G dans E est biunivoque. Alors, si G est libre, R^d_1 (resp. R^g_1) est

---

(⁵) C'est-à-dire $H^{pi} = 0$ au sens de mon article : *Ann. Éc. Norm. sup.*, 68, 1951, p. 185.

(⁶) Au sens de ma Note, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 607.

(⁷) Le produit $f \star g$ et l'involution $f^{\star}$ ont été utilisés, indépendamment, par R. Godement, lorsque $\rho = \chi_1 = \chi_2 = \Delta = 1$. De même pour la notion de groupe libre donnée plus bas.

(⁸) *Cf.* [G 2] et I. E. SEGAL, *Ann. of Math.*, 51, 1950, p. 293.

une sous-*-algèbre abélienne maximale de R^d (resp. R^g). Les théorèmes 3 et 4 sont applicables et redonnent facilement, comme cas particuliers, la discussion de [N].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques résultats sur les espaces vectoriels topologiques.* Note de M. **Alexandre Grothendieck**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Énumération de divers résultats relatifs à la structure des sous-espaces ou espaces quotients de certains espaces vectoriels topologiques, aux applications linéaires d'espaces du type C(K) ou du type L^1, et enfin aux fonctions faiblement mesurables.

1. Quelques résultats négatifs. — *a*. Il existe un espace E du type ($\mathcal{M}$) [*voir* (1)] et un sous-espace vectoriel fermé F tels que le quotient E/F soit isomorphe à l^1. Cela résout par la négative la question 4 de la fin de l'article (1). De même les questions 5, 6, 8 ont une réponse négative (la dernière question a été résolue en collaboration avec M. G. Köthe). Si l'on tient compte des résultats annoncés dans deux Notes antérieures, toutes les questions de (1) sont maintenant résolues.

b. Problèmes de Banach [*voir* (2), p. 244-245]. — Un espace L^1 de dimension infinie ne peut être isomorphe à un quotient d'un espace C(K) (espace des fonctions continues sur un compact K), on en conclut que les propriétés 8 et 9 de Banach sont fausses pour les espaces (M), (m), (C) et (C^p). Il existe un sous-espace F de c_0 dont le bidual n'est pas isomorphe à (m) (espace des suites bornées), *a fortiori* F n'est pas isomorphe à c_0, donc la propriété 15 de Banach est fausse pour c_0. D'ailleurs, ni F ni son orthogonal dans l^1 n'ont de supplémentaire.

2. Applications faiblement compactes d'espaces C(K). — K est un compact, C(K) l'espace des fonctions continues sur K, E un espace localement convexe complet.

Théorème 1. — *Si u est une application linéaire continue de* C(K) *dans* E, *les conditions suivantes sont équivalentes :*

a. u est faiblement compacte; b. u transforme les suites faiblement convergentes en suites fortement convergentes; c. u transforme les suites de Cauchy faibles en suites faiblement convergentes.

Alors u transforme les parties faiblement compactes en parties compactes, les suites de Cauchy faibles en suites fortement convergentes.

Cet énoncé s'étend immédiatement à d'autres espaces importants, tels les facteurs directs d'espaces C(K) (par exemple les espaces $\mathcal{E}^{(m)}$ de L. Schwartz,

(1) J. Dieudonné et L. Schwartz, *Annales de Grenoble*, 1, 1949, p. 61-101.

(2) Banach, *Théorie des opérations linéaires,* Warsaw, 1932.

construits sur des pavés compacts de R^n), et en partie aux quotients d'espaces C(K). Un énoncé plus fort encore est vrai pour les sous-espaces et espaces quotients de c_0.

COROLLAIRE. — *Une application linéaire continue de* C(K) *dans un espace* L^1 *est faiblement compacte.*

En notant que le dual d'un espace C(K) est un espace L^1, on en déduit aussitôt des indications très spéciales sur les formes bilinéaires continues sur des produits d'espaces du type C(K). Voici une application importante : si E et F sont des espaces de Banach (par exemple), une forme bilinéaire u sur $E \times F$ est dite « intégrale » s'il existe une mesure μ sur le produit $A' \times B'$ des boules faibles de E' et F', telle que, si $x \in E$, $y \in F$, on ait

$$u(x, y) = \int \langle x, x' \rangle \langle y, y' \rangle \, d\mu(x', y')$$

(ces formes bilinéaires ont, en fait, une signification fonctionnelle très simple); une application linéaire u de E dans l'espace de Banach G est dite intégrale, si la forme bilinéaire $\langle u(x), y' \rangle$ sur $E \times G'$ est intégrale. Cela étant :

THÉORÈME 2. — *Une application intégrale est faiblement compacte, et transforme faiblement compacts en compacts. Donc une application composée de deux applications intégrales est compacte.*

3. THÉORIE DE L'INTÉGRATION. — K désigne un espace localement compact muni d'une mesure μ, E un espace de Banach, $f(t)$ une application faiblement mesurable de K dans E.

THÉORÈME 3. — *Si f a localement une image relativement faiblement compacte, plus généralement, si pour tout compact $K_0 \subset K$ et tout $\varepsilon > 0$, il existe un compact $K_1 \subset K_0$ tel que $\mu\left(K_0 \cap \complement K_1\right) < \varepsilon$, et que $f(K_1)$ soit relativement faiblement compact, alors f est faiblement localement presque partout égale à une fonction fortement mesurable. Même conclusion si* E *est réflexif.*

COROLLAIRE. — *Si* K *est une partie faiblement compacte du Banach* E, *et* μ *une mesure sur* K, *alors le support de* μ *est séparable.*

Par ailleurs, je construis une application faiblement sommable du segment $(0,1)$ dans l'espace (m) des suites bornées, qui n'est pas faiblement presque partout égale à une application fortement mesurable, et telle que pour tout $h \in L^\infty$, l'intégrale faible $\int_0^1 f(t)h(t)\,dt$ soit élément de c_0.

THÉORÈME 4. — *Si* E *est un espace* L^1, *et si $f(t)h(t)$ est faiblement sommable dans* L^1 *pour toute fonction h continue et à support compact, alors $f(t)$ est faiblement localement presque partout égale à une fonction fortement mesurable. De plus, si la puissance de* K *ou de* L^1 *est strictement inférieure au plus petit aleph inaccessible, il suffit que $f(t)$ soit faiblement sommable, pour être faiblement sommable dans* L^1.

4. UNE THÉORIE DUALE DE LA THÉORIE DE NACHBIN ([3]). — THÉORÈME 5. — *Pour que l'espace de Banach* λ *soit tel que pour toute application linéaire continue u de* λ *dans un quotient* E/F *d'un espace de Banach* E *par un sous-espace réflexif* F, *existe une application linéaire* v *de* λ *dans* E *de norme au plus égale à u et telle que* $ux = vx \bmod. \mathrm{F}$ *pour tout* $x \in \lambda$, *il faut et il suffit que* λ *soit isomorphe avec sa norme à un espace* L^1. *Si l'on n'astreint pas* F *à être réflexif, cette condition devient :* λ *est isomorphe avec sa norme à un espace* l^1 (I) *des familles sommables de nombres sur un ensemble d'indices* I (*dénombrable ou non*).

La démonstration s'appuie sur les résultats de ([3]), que je complète en retour, en montrant que dans le théorème fondamental 4, l'hypothèse de l'existence d'un point extrémal est superflue.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs exceptionnelles de Julia et un problème qu'elles soulèvent.* Note de M. **DANIEL DUGUÉ**, présentée par M. Gaston Julia.

I. Tout d'abord je désire apporter certains compléments au théorème donné dans ma Note du 29 janvier 1951 (*Sur les valeurs exceptionnelles de fonctions ayant plusieurs singularités essentielles*). Les mêmes méthodes que celles auxquelles je faisais allusion permettent de démontrer :

THÉORÈME I.1. — *Si une fonction est méromorphe à l'intérieur d'un cercle* $|Z| < R$ *qu'elle admet comme coupure avec un ensemble exceptionnel* E *de plus d'une valeur, sauf à l'origine singularité essentielle au voisinage de laquelle deux valeurs sont exceptionnelles, l'une de ces deux valeurs au moins appartient à* E et

THÉORÈME I.2. — *Si une fonction méromorphe, sauf en une ligne singulière* (*éventuellement fermée*) L *qui peut être décomposée en deux parties* L_1 *et* L_2 ($\mathrm{L}_1 + \mathrm{L}_2 = \mathrm{L}$) *a un ensemble exceptionnel* E_1 *au voisinage de* L_1 *et* E_2 *au voisinage de* L_2, E_1 *et* E_2 *comprenant chacun plus d'un point,* E_1 *et* E_2 *ont au moins un point commun.*

Ces deux résultats tiennent au fait que l'on peut séparer les singularités : c'est-à-dire que $f(z)$ ayant un ensemble S de singularités peut être décomposé en un produit de deux fonctions $f_1(z)$ et $f_2(z)$ ayant respectivement S_1 et S_2 pour ensemble de singularités et étant régulières partout ailleurs avec $\mathrm{S}_1 + \mathrm{S}_2 = \mathrm{S}$. Dans le cas du théorème I.1 ce fait est une conséquence immédiate des résultats classiques de Mittag Leffler et de Weierstrass; dans le cas du théorème I.2 la démonstration a été donnée par H. Poincaré dans son mémoire *Sur les fonctions à espace lacunaire* (*American Journal of Mathematics*, t. XIV) utilisé par M. Borel dans sa thèse.

II. Une fonction sans valeurs exceptionnelles de Picard peut parfaitement admettre des valeurs exceptionnelles de Julia, c'est-à-dire des valeurs prises

([3]) L. NACHBIN, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 68, 1950, p. 28-46.

dans le reste du plan mais non prises au voisinage d'une certaine droite de Julia (ou droite de Picard au sens donné à ce terme par M. Valiron; dans ce cas on peut parler de valeurs localement exceptionnelles de Picard). Par exemple la fonction $(e^{e^z}-1)/(e^{e^{-z}}-1)$ n'a aucune valeur exceptionnelle de Picard et toutes les demi-droites sont demi-droites J. Les demi-droites du demi-plan positif ont l'infini comme valeurs exceptionnelles J, celles du demi-plan négatif ont zéro. Il est très facile en utilisant les méthodes de M. Valiron de démontrer :

THÉORÈME II.1. — *Toute valeur exceptionnelle* J *est une valeur asymptotique.* Je voudrais signaler à ce sujet un problème qui ne semble pas résolu : *f étant méromorphe dans tout le plan et ayant deux droites* J *isolées* D_1 *et* D_2 *peut-on décomposer f en un produit $f_1 f_2$, f_1 ayant* D_1 *pour droite* J *et non* D_2, *f_2 ayant* D_2 *pour droite* J *et non* D_1?

Si la réponse est affirmative et il semble très vraisemblable qu'il en soit ainsi à cause du résultat de H. Poincaré cité ci-dessus et de l'analogie qui existe entre l'ensemble des droites J et des lignes singulières, on en déduit comme pour les théorèmes I.1 et I.2.

THÉORÈME II.2. — *Si f a deux droites* J *isolées* D_1 *et* D_2 *avec a et b exceptionnels* J *autour de* D_1 *et c et d exceptionnels* J *autour de D_2, les ensembles (a, b) et (c, d) ont au moins une valeur commune.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces engendrées par les cercles d'une congruence paratactique.* (II). Note de MM. **Alexandre Thybaut** et **Paul Robert**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Les dénominations et notations dont il va être fait usage ont été déjà définies dans une précédente Communication [1].

1. Une surface Σ est déterminée si on l'assujettit à passer par un cercle Γ_0, autre qu'un cercle (C). En écartant deux sortes de positions particulières de Γ_0 conduisant à des cyclides, le cercle Γ_0 détermine une surface Σ, unicursale, qui est, en général du 8e degré. Parmi ses cercles (C) se trouve un cercle double réel (C_0). Σ contient une famille de cercles Γ, contenant Γ_0. Nous dirons qu'une telle surface Σ est *bicerclée* et nous la représenterons par Σ_B.

Sur une surface Σ_B, tous les cercles Γ coupent, sous un même angle, un cercle (C) fixé, en particulier le cercle double (C_0). Nous désignerons par Σ_B^1 les surfaces Σ_B dont les cercles Γ sont tangents à (C_0), par Σ_B^2 toutes les autres surfaces Σ_B.

Les surfaces Σ_B^2 ont deux cercles focaux réels et deux imaginaires conjugués; les surfaces Σ_B^1 ont un seul cercle focal qui est réel.

---

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 775.

Sur toute surface Σ_B, *les cercles* Γ *sont paratactiques à deux cercles fixes de la congruence* K; ce sont, pour les Σ_B^2, les cercles focaux réels (F), (F'), et pour les Σ_B^1, le cercle focal unique (F) et le cercle double (C_0).

Tous les cercles Γ ont le même angle de parataxie ϖ avec (F), ϖ' avec (F') [ou avec (C_0) dans le cas d'une Σ_B^1; mais alors ϖ' est nul].

Remarquons que les cycles de (F) et de (F') qui apparaissent sur ces cercles quand on oriente K selon une congruence paratactique de cycles, sont, l'un paratactique, l'autre antitactique à un cycle, choisi quelconque, sur Γ.

2. L'inverse d'une surface Σ_B par rapport à un point de (C_0) est une surface bicerclée du 6ᵉ degré facile à étudier; on peut, par inversion, en déduire toutes les autres.

Ces surfaces Σ_B ont Oz comme cercle double; les plans des cercles Γ passent par Oz et les centres de ces cercles sont situés sur une conique. *La ligne des centres* L *est une conique* (de même genre que la précédente), *assujettie seulement à être bitangente au cercle principal* [2] en deux points à distance finie. Une autre propriété caractéristique de ce cas est que les plans des cercles (C) de la surface enveloppent un cône de révolution dont l'axe est distinct de Oz.

3. Les cercles (C) d'une surface Σ forment une famille isotherme.

A toute surface Σ_0, on peut associer une infinité d'autres surfaces Σ, dépendant d'une constante arbitraire, et qui correspondent à Σ_0 avec similitude des éléments infiniment petits.

4. *Les lignes de courbure d'une surface* Σ *se déterminent par quadratures.* Chaque cercle (C) de la surface coupe, sous le même angle, toutes les lignes de courbure d'un système.

5. Les surfaces Σ à lignes de courbure planes dans un système (première courbure) peuvent être entièrement déterminées. Les plans des lignes de première courbure passent par Oz et coupent la surface sous le même angle constant a, seul paramètre dont dépende la forme des surfaces.

La ligne des centres L est une courbe homothétique, par rapport à O, de la développée de sa développée.

Les lignes de seconde courbure sont les courbes de contact des cônes circonscrits à Σ et dont le sommet est un point de Oz. Chacune est située sur une sphère S, dont le centre est sur Oz et qui coupe orthogonalement Σ le long de la ligne de courbure.

Pour chaque sphère S, le diamètre situé sur Oz est vu, sous l'angle constant a, d'un point quelconque du cercle central de K. Les sphères S enveloppent un tore de la congruence K et a est l'angle de parataxie des cercles (C) du tore et de son cercle axial, le cercle central.

6. Si une ligne de courbure d'une surface Σ est sphérique, toutes les lignes de courbure du même système (première courbure) sont sphériques et les

---

[2] Cercle imaginaire $z=0$, $x^2+y^2=-1$, situé sur la sphère imaginaire principale.

sphères S qui les contiennent sont orthogonales à un cercle fixe (C_0) de la congruence K. *La détermination de ces surfaces dépend de deux quadratures.* Chacune est coupée sous un angle constant α par les sphères S correspondantes.

Les propriétés suivantes peuvent être établies géométriquement.

Les lignes de seconde courbure sont situées sur des sphères S′ *orthogonales au cercle* (C'_0), *conjugué de* (C_0) *dans* K; elles coupent Σ sous un angle constant α'.

Inversement, donnons à α, α' des valeurs quelconques comprises entre o et $\pi/2$; il leur correspond deux familles de sphères S, S′ qui contiennent toutes les lignes de courbure de l'une des surfaces cherchées.

Ces sphères S (ou S′) enveloppent une cyclide Q (ou Q′) de la congruence K. Soit a (ou a') l'angle de parataxie des cercles (C) de Q (ou Q′) avec (C_0) [ou (C'_0)]. Les angles a, a' satisfont aux conditions :

$$\cos\alpha = \frac{\cos a'}{\sin a}, \qquad \cos\alpha' = \frac{\cos a}{\sin a'}.$$

Si a et a' sont complémentaires, α et α' sont nuls, Q et Q′ sont confondues.

Si l'angle a est droit, Q se réduit au cercle (C'_0) les sphères S, inscrites dans Q, passent par (C'_0) et Σ est inverse de l'une des surfaces étudiées au n° 5.

7. Lorsqu'une surface Σ est isothermique, sa courbe focale G satisfait aux deux conditions suivantes, qui sont équivalentes :

$$\mathcal{R} = \sin m(s - s_0), \qquad \tau = \frac{1}{m}$$

(s arc de G; $\mathcal{R}$ et τ rayons de courbure et de torsion; m et s_0 constantes).

Lorsqu'on connaît G, on peut en déduire Σ; il en résulte *que la recherche des surfaces Σ isothermiques est un problème équivalent à la détermination des courbes sphériques à torsion constante.*

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Ondes liquides de gravité en profondeur variable.* Note (*) de M. **Maurice Roseau**, présentée par M. Joseph Pérès.

Détermination des potentiels qui représentent les petits mouvements harmoniques bidimensionnels d'un liquide dans un canal dont les profondeurs en amont et en aval sont constantes et différentes. Cas d'une plage inclinée ayant au large une profondeur constante.

Par la transformation $z = (1/k)[b\zeta + (a - b)\,\mathrm{L}(e^{\zeta} + 1)]$, $(z = x + iy$, $\zeta = \xi + i\eta$, a, b, k constantes positives), toute fonction $\chi(\xi, \eta)$, solution des équations :

$$\frac{\partial^2\chi}{\partial\xi^2} + \frac{\partial^2\chi}{\partial\eta^2} = 0 \quad \text{dans la bande } \alpha \leqq \eta \leqq 0, \tag{1}$$

$$\frac{\partial\chi}{\partial\eta} = \frac{ae^{\xi} + b}{e^{\xi} + 1}\chi \quad \text{sur } \eta = 0, \tag{2}$$

$$\frac{\partial\chi}{\partial\eta} = 0 \quad \text{sur } \eta = -\alpha \quad \left(0 < \alpha < \frac{\pi}{2}\right), \tag{3}$$

(*) Séance du 8 octobre 1951.

devient une fonction $\varphi(x, y)$ qui vérifie

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0, \tag{4}$$

entre $y = 0$ et la courbe $\mathcal{L}$ définie plus bas

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} = k\varphi \quad \text{sur } y = 0 \tag{5}$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0, \tag{6}$$

dérivée normale prise en tout point de la courbe $\mathcal{L}$ d'équation

$$x + iy = \frac{1}{k}[b(\xi - i\alpha) + (a - b)\mathrm{L}(e^{\xi - i\alpha} + 1)],$$

où ξ varie de $-\infty$ à $+\infty$.

Le système (4), (5), (6) correspond à l'étude des petits mouvements irrotationnels harmoniques bidimensionnels d'un liquide dont le fond est représenté par la courbe $\mathcal{L}$ et la surface libre par l'axe des x, le potentiel de l'écoulement étant

$$\Phi = e^{i\sigma t}\varphi(x, y) \qquad \text{avec} \quad \sigma^2 = gk,$$

g accélération de la pesanteur.

Dans le cas $ab \neq 0$ la profondeur h varie toujours dans le même sens de $h_1 = (b/k)\alpha$ à $h_2 = (a/k)\alpha$, quand x croît de $-\infty$ à $+\infty$.

C'est le cas d'un canal dont les profondeurs à l'infini en amont et en aval sont constantes et différentes.

Si $b = 0$, $a \neq 0$, le fond présente l'aspect d'une plage inclinée de l'angle α sous l'horizontale, la profondeur au large ayant une valeur constante égale à $\alpha a/k$.

On construit des solutions du système (1), (2), (3) en posant

$$\chi(\xi, \eta) = \frac{1}{2\pi i}\int_C e^{iu\xi}\,\frac{\mathrm{ch}(\alpha + \eta)u}{\mathrm{ch}\,\alpha u}\left(\frac{l}{\mathrm{sh}\,\pi u} + \frac{m}{\mathrm{ch}\,\pi u}\right)\mathrm{H}(u)\,du + \frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma e^{-iu\xi}\,\frac{\mathrm{ch}(\alpha + \eta)u}{\mathrm{ch}\,\alpha u}\left(\frac{p}{\mathrm{sh}\,\pi u} + \frac{q}{\mathrm{ch}\,\pi u}\right)\mathrm{K}(u)\,du, \tag{7}$$

où $\mathrm{H}(u)$ et $\mathrm{K}(u)$ sont des fonctions analytiques de u, C et Γ des contours dans le plan de la variable complexe u et où l, m, p, q sont des constantes, convenablement choisies.

La fonction $\chi(\xi, \eta)$ définie par (7) satisfait aux équations (1) et (3); après interprétation de la condition (2) on est conduit à prendre pour $\mathrm{H}(u)$ et $\mathrm{K}(u)$ des fonctions analytiques satisfaisant aux équations

$$\frac{\mathrm{H}(u + i)}{\mathrm{H}(u)} = \frac{u\,\mathrm{th}\,\alpha u - b}{(u + i)\,\mathrm{th}\,\alpha(u + i) - a} \tag{8}$$

et

$$\frac{\mathrm{K}(u + i)}{\mathrm{K}(u)} = \frac{u\,\mathrm{th}\,\alpha u - a}{(u + i)\,\mathrm{th}\,\alpha(u + i) - b} \tag{9}$$

qui seront étudiées dans une prochaine Note.

PHOTOÉLASTICIMÉTRIE. — *Sur l'utilisation d'une résine éthoxyline en photoélasticimétrie à trois dimensions selon la technique du figeage.* Note de MM. **Michel Ballet** et **Gaston Mallet**, présentée par M. Émile Barrillon.

La technique du figeage en photoélasticimétrie à trois dimensions est subordonnée à l'existence d'une substance réunissant de nombreuses qualités, tant optiques que mécaniques.

Nous avons déterminé les caractéristiques d'un produit de la famille des résines éthoxylines, susceptible d'être moulé et les avons comparées à celles de la résine glycérophtalique utilisée par la plupart des laboratoires de photoélasticimétrie aux États-Unis. Les photographies des figures 1 et 2 représentent les réseaux d'isochromatiques obtenus, à la température de figeage, sur deux éprouvettes identiques réalisées à partir de l'une et l'autre de ces résines et travaillant en flexion circulaire sous des couples de valeurs voisines. On constate aisément que d'une part la sensibilité optique et le module d'Young de la résine éthoxyline sont notablement plus grands que ceux de la résine glycérophtalique, d'autre part les bords de la première éprouvette sont affranchis des perturbations locales qui affectent ceux de la seconde.

Voici les principales caractéristiques de ces deux substances à côté de celles d'une résine récemment mise au point aux États-Unis par N. C. Foster pour les besoins de la photoélasticimétrie à trois dimensions :

	Résine		
	glycérophtalique.	de Foster.	éthoxyline.
Source de renseignements cités	M. Frocht (1)	M. Frocht (1)	B. et M.
Possibilités de moulage	non	oui	oui
Durée et température de polymérisation après moulage	–	30 jours à 190°C	de 1 h à 200°C à 48 h à 100°C
Température de figeage	125°C	100°C	125°C
Sensibilité optique rapportée à l'effort : S_e (franges par kg : mm².mm)	17	12,5	38
Module d'Young : E (kg : mm²)	0,775	2,02	1,8
Sensibilité optique rapportée à la déformation : $S_d = E\,S_e$	13,2	25,3	70
Coefficient de Poisson : ν	0,50	–	0,45
Importance de l'effet bord-temps après figeage	considérable	faible	faible

Les deux qualités essentielles en ce qui concerne le figeage, étant la sensibilité optique rapportée à la déformation (2) et la stabilité dans le temps de la

(1) *Photoelasticity*, II, John Wiley and Sons, New York.

(2) « Figure of Merit » des auteurs Anglo-Saxons.

biréfringence acquise à la suite du figeage [effet bord-temps ([3]) négligeable], il ressort de l'examen de ce tableau que la résine éthoxyline faisant l'objet de cette Note se révèle très supérieure à tous les égards à la résine glycérophtalique habituellement utilisée et se compare favorablement à la résine spéciale mise au point par N. C. Foster.

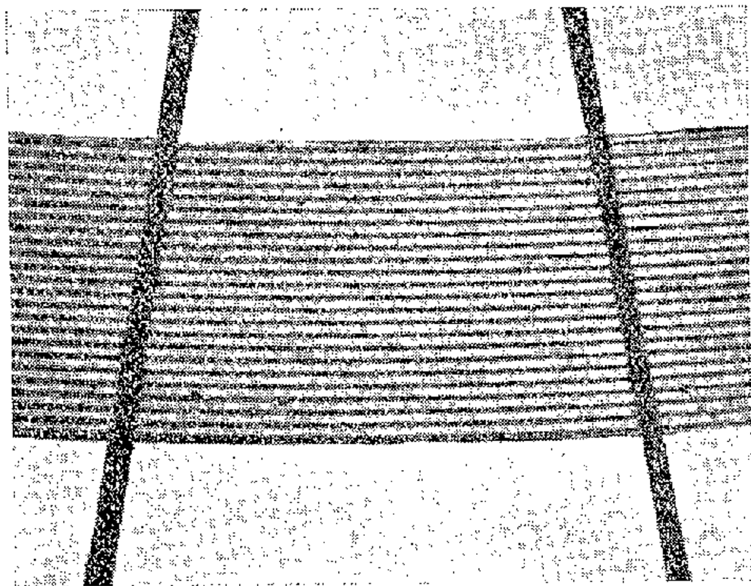


Fig. 1. — Éprouvette en résine éthoxyline. Tension sur les fibres extrêmes : 0,05 kg/mm².

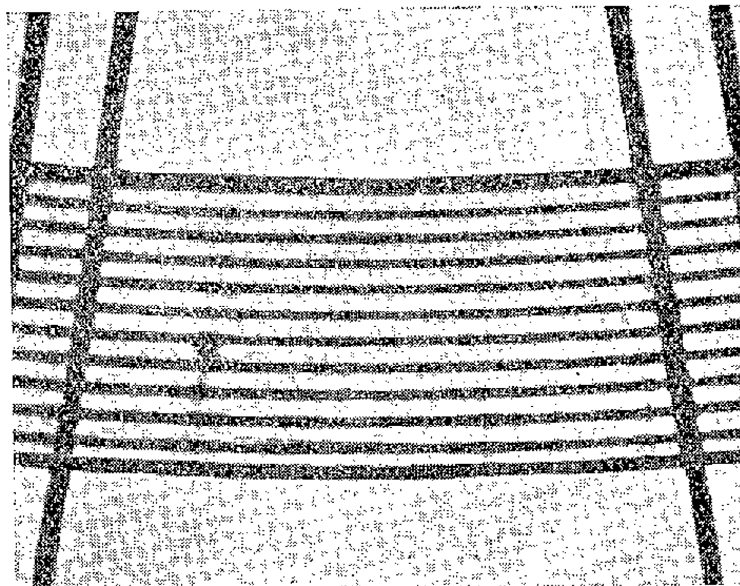


Fig. 2. — Éprouvette en résine glycérophtalique. Tension sur les fibres extrêmes : 0,06 kg/mm².

Nous avons vérifié sur un problème à trois dimensions que cette résine éthoxyline se prêtait effectivement à la technique du figeage : ces essais feront l'objet de publications ultérieures.

GÉODÉSIE. — *Contribution à l'établissement des bases du réseau gravimétrique africain.* Note de Mme **Françoise Duclaux** et M. **Jean Martin**, présentée par M. Pierre Lejay.

Ces mesures ont été exécutées avec le gravimètre North-American n° 124, à zone de 1 000 mgal, construit spécialement pour la gravimétrie géodésique, appartenant à l'Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer. Elles ont duré du 27 mars au 26 juin 1951.

Les liaisons entre stations ont presque toutes été effectuées par la voie aérienne. Elles comprennent :

a. un axe Toulouse, Brazzaville, Livingstone, Tananarive, La Réunion, Ile Maurice, dont chaque segment individuel a été fermé par aller et retour;

b. une boucle fermée Brazzaville, Elisabethville, Nairobi, Stanleyville, Brazzaville ;

c. un aller et retour direct Nairobi-Tananarive.

([3]) « Time-edge effect » de ces mêmes auteurs.

Certaines bases ont servi de point de départ et d'arrivée pour des circuits locaux.

Le choix de cet itinéraire, avec double liaison Brazzaville-Tananarive (par Livingstone et par Nairobi), a eu pour but d'obtenir le maximum de précision sur la valeur de g à Tananarive, tout en passant :

par les stations du Congo belge, où doivent être exécutées prochainement des mesures pendulaires;

par les stations pendulaires de Bullard et Horsfield au Kénya, Tanganyika, Uganda;

par un point voisin de la station pendulaire sous-marine de Vening Meinesz à Port-Louis (Ile Maurice).

35 bases principales ont été faites sur les aérodromes; 86 stations secondaires ont été faites en dehors des aérodromes.

La dérive de l'appareil a été extrêmement faible. Une fois effectuée la correction de marée luni-solaire, les erreurs de fermeture, comprenant la totalité de la dérive, ont été les suivantes :

Toulouse-Brazzaville	+ 0,42 mgal
Brazzaville-Tananarive	+ 0,10 »
Tananarive-Ile Maurice	+ 0,02 »
Brazzaville-Nairobi	+ 0,43 »
Nairobi-Tananarive	— 0,03 »

Après répartition des erreurs de fermeture ci-dessus suivant la méthode habituelle, le triangle Brazzaville-Nairobi-Tananarive présente une erreur de fermeture résiduelle de 0,09 mgal.

Le coefficient adopté pour l'étalonnage de l'appareil a été établi sur les bases suivantes :

Paris-Bagnères de Bigorre-Col du Tourmalet;

Toulouse-Alger Maison Blanche;

préalablement rattachées à l'ensemble du réseau européen par l'un de nous.

Les valeurs de g calculées avec ce coefficient et basées sur la valeur $g = 980\,943,0$ pour Paris-Observatoire (piliers de l'Ancienne salle de Pesanteur), sont :

plus fortes en moyenne de 3,8 mgal que celles trouvées en cinq stations communes par Bullard et Horsfield au moyen de liaisons pendulaires avec Cambridge Pendulum House (valeur adoptée $g = 981\,265,0$);

plus faible de 1,5 mgal que celle trouvée par Vening Meinesz à Port-Louis au moyen de liaison pendulaire avec de Bilt (valeur adoptée $g = 981\,268,0$), la correction nécessaire pour ramener les deux mesures à une même station ayant été faite.

Valeurs de g aux principales stations.

Base : Piliers de l'ancienne salle de pesanteur de l'Observatoire de Paris, $g = 980\,943,0$.

Stations de l'axe principal.

Toulouse-Blagnac aérodrome	980 454,3
Alger Maison-Blanche	979 907,5
Aoulef aérodrome	978 988,2
» station Lagrula	978 990,1
Niamey aérodrome	978 269,2
Douala aérodrome	978 051,5
Pointe-Noire aérodrome	978 031,5
Brazzaville Maya-Maya	977 946,0
Livingstone aérodrome	978 223,6
Tananarive Arivonimamo	978 220,4
La Réunion Gillot	978 940,1
Ile Maurice-Plaisance	978 868,8
» -Port-Louis	978 927,7

Stations de la boucle Brazzaville-Nairobi.

Léopoldville aéorodrome	977 955,5
Luluabourg aérodrome 2	977 910,1
Elisabethville aérodrome	977 893,8
N'Dola aérodrome	977 916,7
Kasama aérodrome	977 792,1
Abercorn aérodrome	977 675,3
Tabora aérodrome	977 688,6
Nairobi Eastleigh	977 547,6
Usumbura aérodrome	977 743,8
Costermansville Kamembe	977 587,9
Irumu aérodrome	977 775,9
Stanleyville aérodrome	977 883,3
Bangui aérodrome	977 916,1
Ouesso	977 957,7

Stations de Madagascar.

Tananarive Arivonimamo	978 220,4
» Ivato	978 245,7
» Collège St-Michel	978 252,0
» I.R.S.M.	978 248,2
» Observ. Pilier mérid.	978 226,5
» Palais de la Reine	978 213,8
Morondava aérodrome	978 736,0
Tuléar aérodrome	978 888,1
Fort-Dauphin aérodrome	978 962,1
» météo	978 953,4

Stations de l'Est africain.

Nairobi Eastleigh	977 547,6
» Station Bullard 1	977 532,6
» » 2	977 539,0
» Norfolk Hotel	977 537,5
» West aérodrome	977 538,7
Kisumu aérodrome	977 610,1
» Station Bullard	977 613,1
» Provincial Offices	977 607,4
Entebbe aérodrome	977 728,4
» Geological Department	977 726,8
Kampala Station Bullard	977 722,7
Dar-es-Salaam aérodrome	978 120,5
» Station-Bullard	978 120,5
Zanzibar aérodrome	978 118,2
Tanga aérodrome	978 052,7
Mombasa aérodrome	978 052,8
» Station Bullard	978 037,4
» Municipal Offices	978 038,1

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur un principe variationnel général en Physique théorique.* Note de MM. **Théo Kahan** et **Guy Rideau**, présentée par M. Louis de Broglie.

On indique un principe variationnel général d'où peuvent se déduire les principes proposés par Hulthen, Schwinger et Kohn [1].

1. On est amené dans les problèmes de diffusion à introduire des opérateurs

[1] *Cf.* Kohn, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 1763, qui donne les références sur le sujet. *Voir* aussi Blatt et Jackson, *Phys. Rev.*, **76**, 1949, p. 18.

L que nous appellerons symétriques et définis par :

$$\int \psi_2 \mathrm{L}\, \psi_1\, d\tau = \int \psi_1 \mathrm{L}\, \psi_2\, d\tau.$$

On doit résoudre l'équation

$$\mathrm{L}\psi = 0,$$

la nature de ψ dépendant du problème posé. En introduisant deux fonctions ψ_1 et ψ_2, le problème se ramène au problème variationnel suivant :

$$\delta \int \psi_2 \mathrm{L}\, \psi_1\, d\tau = 0.$$

La solution du problème plus général

$$\mathrm{L}\psi_i = f_i$$

qui revient au précédent par la transformation

$$\psi_i = \mathrm{L}^{-1} f_i + \Phi_i$$

est équivalente à celle du problème variationnel

$$\delta \left[\int \psi_2 \mathrm{L}\, \psi_1\, d\tau - \int \psi_2 f_1\, d\tau - \int f_2 \psi_1\, d\tau \right] = 0.$$

2. Un opérateur symétrique représenté sous forme d'opérateur intégral aura un noyau symétrique. De plus, on peut mettre l'équation d'un problème de diffusion nucléaire sous la forme :

$$\psi_i(\vec{r}) = \psi_i^0(\vec{r}) + \int \mathrm{K}(\vec{r}, \vec{r'})\, \mathrm{V}(\vec{r'})\, \psi_i(\vec{r'})\, \overrightarrow{dr'},$$

où ψ_i^0 représente l'onde incidente et où $\mathrm{K}(\vec{r'}, \vec{r})$ est symétrique. Cette équation se symétrise par la transformation

$$\Phi_i(\vec{r}) = \psi_i(\vec{r}) \sqrt{\mathrm{V}(\vec{r})}, \qquad \Phi_i^0(\vec{r}) = \psi_i^0(\vec{r}) \sqrt{\mathrm{V}(\vec{r})}.$$

On obtient ainsi une équation du type ci-dessus. Deux solutions ψ_1, ψ_2 de cette équation seront extrémales de la quantité

$$-\int \psi_2 \psi_1^0\, \mathrm{V}(\vec{r})\, \overrightarrow{dr} - \int \psi_2^0 \psi_1(\vec{r})\, \mathrm{V}(\vec{r})\, \overrightarrow{dr} + \int \psi_1\, \mathrm{V}(\vec{r})\, \psi_2\, \overrightarrow{dr} - \int \psi_2(\vec{r})\, \mathrm{V}(\vec{r})\, \mathrm{K}(\vec{r}, \vec{r'})\, \mathrm{V}(\vec{r'})\, \psi_1(\vec{r'})\, \overrightarrow{dr}\, \overrightarrow{dr'}$$

qui, pour les solutions exactes a la valeur

$$-\int \psi_2^0(\vec{r})\, \psi_1(\vec{r})\, \mathrm{V}(\vec{r})\, \overrightarrow{dr}$$

3. Dans ces problèmes de diffusion nucléaire, il s'agit de connaître;

$$f(\vec{k}_1, -\vec{k}_2) = -\frac{1}{4\pi}\int \exp(\vec{ik}_2.\vec{r})\,V(\vec{r})\,\psi_1(\vec{r})\,\vec{dr}.$$

Les fonctions ψ_1 et ψ_2 figurant dans le principe variationnel correspondent respectivement aux ondes incidentes $\exp i\vec{k}_1.\vec{r}$ et $\exp i\vec{k}_2.\vec{r}$; $K(r, r')$ a la valeur $(-1/4\pi)\exp ik|\vec{r}-\vec{r}'|/|\vec{r}-\vec{r}'|$ d'où le principe variationnel

$$\begin{aligned}-4\pi' f(\vec{k}_1, -\vec{k}_2)' = &\int e^{i\vec{k}_2.\vec{r}}V(\vec{r})\,\psi_1(\vec{r})\,\vec{dr}\\ &+\int e^{i\vec{k}_1.\vec{r}}V(\vec{r})\,\psi_2(\vec{r})\,\vec{dr}-\int \psi_1(\vec{r})\,V(\vec{r})\,\psi_2(\vec{r})\,\vec{dr}\\ &-\frac{1}{4\pi}\int \psi_2(\vec{r})\,V(\vec{r})\frac{e^{ik|\vec{r}-\vec{r}'|}}{|\vec{r}-\vec{r}'|}V(\vec{r}')\,\psi_1(\vec{r}')\,\vec{dr}\,\vec{dr}'.\end{aligned}$$

Pour retrouver le principe de Kohn, qui contient comme cas particulier celui de Hulthen, on exprime l'opérateur $\nabla^2 + k^2$ sous forme d'opérateur intégral. Par des transformations simples, on se ramène à une équation du type étudié; on écrit le principe variationnel correspondant, et par réduction et intégration par parties, on retrouve les termes exacts du principe de Kohn.

4. Quand on se borne à un potentiel diffuseur V uniquement fonction de la distance, il suffit de considérer l'équation radiale

$$\begin{aligned}G_n(r) = &\frac{1}{k}\sqrt{\frac{\pi kr}{2}}J_{n+\frac{1}{2}}(kr)\\ &-\frac{(-1)^n}{k}\int J_{n+\frac{1}{2}}(kr_<)\sqrt{\frac{\pi kr_<}{2}}\sqrt{\frac{\pi kr_>}{2}}J_{-n-\frac{1}{2}}(kr_>)V(r')\,G_n(r')\,dr',\end{aligned}$$

$G_n(r)$ ayant la forme asymptotique $[\sin(kr - n\pi/2 + \eta_n)]/(k\cos\eta_n)$; on a

$$\operatorname{tg}\eta_n = -\int\sqrt{\frac{\pi kr}{2}}J_{n+\frac{1}{2}}(kr)\,V(r)\,G_n(r)\,dr.$$

On peut donc écrire l'équation radiale sous la forme

$$G_n(r) = -\int R(r, r')\,V(r')\,G_n(r')\,dr'$$

avec

$$\begin{aligned}R(r, r') = &\frac{1}{k\operatorname{tg}\eta_n}\sqrt{\frac{\pi kr}{2}}J_{n+\frac{1}{2}}(kr)\sqrt{\frac{\pi kr'}{2}}J_{n+\frac{1}{2}}(kr')\\ &+\frac{(-1)^n}{k}\sqrt{\frac{\pi kr_<}{2}}J_{n+\frac{1}{2}}(kr_<)\sqrt{\frac{\pi kr_>}{2}}J_{-n-\frac{1}{2}}(kr_>).\end{aligned}$$

Il est facile de symétriser cette équation; elle prend alors la forme

$$LG_n(r) = 0,$$

où L est manifestement un opérateur symétrique ; on peut appliquer le principe proposé en premier, déterminant $\cot g\,\eta_n$ par l'équation

$$\int G_n^2(r)\,V(r)\,dr + \frac{(-1)^n}{k}\int G_n(r)\,V(r)\sqrt{\frac{\pi k r_<}{2}}\,J_{n+\frac{1}{2}}(kr_<)\sqrt{\frac{\pi k r_>}{2}}\,V(r')\,J_{-n-\frac{1}{2}}(kr_>)\,G_n(r')\,dr\,dr' + \frac{1}{k}\cot g\,\eta_n\left[\int\sqrt{\frac{\pi k r}{2}}\,J_{n+\frac{1}{2}}(kr)\,V(r)\,G_n(r)\,dr\right]^2 = 0,$$

ce qui constitue précisément la formule donnée par Schwinger.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur un modèle classique de particule élémentaire.* Note de M. **Antoine Visconti**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étude d'un modèle mécanique de corpuscule satisfaisant aux équations du champ soustractif ([1]), par assimilation à un fluide compressible de l'ensemble des mésons associés, les déformations de ce fluide étant dues par exemple à une oscillation propre d'une particule ([2]).

1. Nous plaçant dans le cadre de la théorie du champ soustractif, nous assimilerons à un fluide l'ensemble des masses mésoniques associées à la particule étudiée. Sous l'action d'un mouvement de cette particule $[\mathbf{R}(t), \mathbf{v}(t) = \dot{\mathbf{R}}(t)]$, une oscillation propre de Markov par exemple, la $i^{\text{ème}}$ particule de ce fluide (ε_i, r_i) acquiert la vitesses $\mathbf{v}_i$ d'où un courant que nous nous proposons de calculer.

Or, le calcul de l'interaction de ces masses mésoniques étant inextricable, nous ferons l'hypothèse que ce fluide se comporte comme *un fluide compressible, dans lequel une déformation, due au mouvement de la particule* $\mathbf{R}(t)$ *se propage avec une vitesse* c. Considérons l'unité de volume de ce fluide contenant la $i^{\text{ème}}$ particule, elle oscille autour de sa position d'équilibre $\mathbf{r}_{oi}$; à un facteur près qui se retrouve identique dans l'expression des autres forces, la force d'inertie de cette masse est $\partial^2/\partial t^2(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_{oi})$. Elle est de plus soumise aux forces suivantes :

1° la force due au mouvement de brassage du fluide compressible :

$$-c^2\nabla^2(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_{oi});$$

2° une force de rappel $\omega_i^2 \times (\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_{oi})$, ω_i constante ;

3° une force exprimant l'action de la particule $\mathbf{R}(t)$. Deux hypothèses distinctes vont être faites, mais finalement elles conduiront aux mêmes résultats

---

([1]) L. de Broglie, *J. Phys. Rad.*, **11**, 1950, p. 939.

([2]) Bohm et Weinstein, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 1789, citant M. Markov, *J. Phys. U. S. S. R.*, **10**, 1946, p. 159.

a. En vertu du principe action et réaction, cette force est portée par le vecteur $\mathbf{r}_{0i}-\mathbf{R}$ (élongation petite); nous pouvons l'écrire $\omega_i^2\rho_1\times(\mathbf{r}_{0i}-\mathbf{R})$ ρ_1, fonction de $\mathbf{r}_{0i}-\mathbf{R}$, $\mathbf{v}_i$, $\mathbf{v}$, est sans dimensions et peut représenter une densité de répartition; c'est le sens que nous lui donnerons en nous inspirant d'un modèle de corpuscule analogue à l'atome de Rutherford.

b. Mais si utilisant cette signification de ρ_1, on prenait $\rho_1=\delta(\mathbf{r}_{0i}-\mathbf{R})$; cette force serait nulle. Dans ce cas quelques considérations physiques nous amènent à écrire la force agissant pendant l'intervalle dt : $\omega_i^2\rho_2(d/dt)(\mathbf{r}_{0i}-\mathbf{R})\,dt$ (principe action et réaction non satisfait), d'où la force agissant à l'instant t : $-\omega_i^2\int_{t_0}^{t}\rho_2\mathbf{v}(\tau)\,d\tau$.

Enfin, ω_i pulsation est déterminé en prenant pour énergie de la $i^{\text{ième}}$ particule son énergie au repos : $\omega_i=k_{0i}c$. Écrivant que ces forces sont en équilibre, on obtient :

$$\{\square+k_{0i}^2\}(\mathbf{r}_i-\mathbf{r}_{0i})=\begin{cases}k_{0i}^2\rho_1[\mathbf{r}_{0i}-\mathrm{R}(t)], & (1\,a)\\ -k_{0i}^2\displaystyle\int_{t_0}^{t}\rho_2\mathbf{v}(\tau)\,d\tau. & (1\,b)\end{cases}$$

2. Pour calculer le courant, dérivons (1 *a*) par rapport à t. En tenant compte de la conservation de l'électricité, on obtient :

$$(2)\qquad \{\square+k_{0i}^2\}\mathbf{v}_i=-k_{0i}^2\left[(\mathbf{r}_{0i}-\mathbf{R})\frac{\partial\rho_1}{\partial t}+\rho_1\mathbf{v}(t)\right]$$

ρ_1 étant généralement fortement valorisé au voisinage de $\mathbf{R}$, le premier terme du crochet est négligeable :

$$(3)\qquad \{\square+k_{0i}^2\}\mathbf{v}_i=-k_{0i}^2\rho\,\mathbf{v}(t).$$

La même dérivation de (1 *b*) donnerait directement (3). D'autre part, on tire de (3) $v_i=-k_{0i}^2 v\{\square+k_{0i}^2\}^{-1}\rho$; si $f(\mathbf{r}-\mathbf{r}_0)$ désigne la fonction de répartition des vitesses, le vecteur courant s'écrit :

$$(4)\qquad \mathbf{J}=\Sigma\,\delta_i\int f(\mathbf{r}-\mathbf{r}_0)\,e\mathbf{v}_i\,d\mathbf{r}_0=-\Sigma\,\delta_i k_{0i}^2\int f(\mathbf{r}-\mathbf{r}_0)\{\square+k_{0i}^2\}^{-1}e\rho\mathbf{v}\,dr_0=\Omega^{-1}e\rho\mathbf{v},$$

où Ω^{-1} est l'inverse de l'opérateur de fusion (l'expression de Ω^{-1} se lit sur la formule précédente), $\varepsilon_i=\delta_i e$; e, charge élémentaire; $|\delta_i|=1$. De la relation fondamentale $\Sigma\varepsilon_i=0$ on déduit $\Sigma\,\delta_i=0$. Les équations maxwelliennes s'écrivent simplement

$$(5)\qquad \Omega(\operatorname{rot}\mathbf{H}-\dot{\mathbf{E}})=e\rho\mathbf{v},\qquad \Omega(\operatorname{div}\mathbf{E})=e\rho.$$

Les premiers membres des équations de Maxwell se trouvent affectés d'opérateurs formés avec $\square$, on retrouve ainsi des formes déjà données.

3. En exprimant $\{\square+k_{0i}^2\}^{-1}$ par une intégrale de Fourier et supposant f invariant d'espace-temps, quelques calculs montrent que :

$$(6)\qquad \Omega^{-1}=-(2\pi)^{-4}\int\exp[-ip_\mu(x_\mu-\mathrm{X}_\mu)]f(p_\mu)\,\overline{\Delta}_{\mathrm{RS}}(p_\mu p_\mu)(\cdot)\,d^4p,\qquad x=(\mathbf{r},r_4);$$

où $\Delta_{RS} = \Sigma \delta_i k_{0i}^2 (k_{0i}^2 - p_\mu p_\mu)^{-1}$; $f(p_\mu)$ est la transformée de f et Ω^{-1} agit sur la transformée de ρ. Cette expression est à comparer aux résultats du procédé de Pauli-Villars; il est aussi intéressant de prendre pour ρ la densité de Bopp-Feynmann (électron réparti sur le cône de lumière).

4. Prenons $f = \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_0)$ (masses mésoniques concentrées sur la particule **R**), les équations maxwelliennes prennent la forme

$$\text{rot}\,\mathbf{H} - \dot{\mathbf{E}} = \Sigma k_{0i}^2 \{\Box + k_{0i}^2\}^{-1} \varepsilon_i \rho \mathbf{v} \tag{7}$$

et $\{\Box + k_{0i}^2\}^{-1} \varepsilon_i \rho \mathbf{v}$ est solution particulière de l'équation

$$\{\Box + k_{0i}^2\} \mathbf{A}_i = \varepsilon_i \rho \mathbf{v}, \tag{8}$$

de sorte que (7) est un cas particulier des équations du champ soustractif. Se limitant à deux masses et utilisant des propriétés du produit d'opérateurs $\{\Box + \alpha^2\}^{-1}$, on met (7) sous une forme intégro-différentielle

$$\text{rot}\,\mathbf{H} - \dot{\mathbf{E}} + k_{01}^2 k_{02}^2 \{\Box + k_{01}^2 + k_{02}^2\}^{-1} \mathrm{A} = (k_{02}^2 - k_{01}^2) \{\Box + k_{01}^2 + k_{02}^2\}^{-1} e \rho \mathbf{v}, \tag{9}$$

où $\mathbf{A} = \mathbf{A}_1 + \mathbf{A}_2$. Quelques calculs permettent de transformer (9) en

$$\{\Box + k_{01}^2\} \{\Box + k_{02}^2\} \mathrm{A}_\mu^{(i)} = (k_{02}^2 - k_{04}^2) e \rho v \mu. \tag{10}$$

Enfin, si $\rho = \delta(\mathbf{r} - \mathbf{R})$, on obtient la densité du champ soustractif [3]

$$\sigma = \Omega^{-1} e \rho = -\frac{1}{4\pi} \Sigma \varepsilon_i k_{0i}^2 \frac{e^{-k_{0i}^2 |\mathbf{r} - \mathbf{R}|}}{|\mathbf{r} - \mathbf{R}|}. \tag{11}$$

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur la théorie du régime transgaussien de la lentille électrostatique elliptique.* Note de M. **Édouard Regenstreif**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le présent travail étend la théorie de la lentille elliptique établie précédemment pour le premier ordre [1], au domaine transgaussien défini dans une Note précédente [2].

Nous nous proposons ici d'étudier les rayons électroniques cheminant dans la lentille définie dans [1], en tenant compte des termes d'ordre supérieur en r qui caractérisent le régime transgaussien [2].

a. Lentilles fortement elliptiques. — Le calcul effectué sur les nouvelles bases fournit pour les projections de la trajectoire transgaussienne sur les plans

---

(3) Un article avec bibliographie est en préparation.

(1) E. Regenstreif, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1818.

(2) E. Regenstreif, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1650.

de symétrie

$$
(1)\quad \left\{
\begin{aligned}
&\text{Région d'incidence :}\\
&r_X = r_Y = r_0 \operatorname{ch}\left[\frac{1}{\sqrt{2}}\arcsin(z+z_0)\sqrt{\frac{2\beta^2}{2+r_0^2\beta^2}}\right];\\
&\text{Région centrale :}\\
&r_{X,Y} = A_{X,Y}\cos\left[\sqrt{\frac{1\pm\varepsilon}{2}}\operatorname{arcsh} z\sqrt{\frac{2\alpha^2}{2-A_X^2\alpha^2(1-\varepsilon)-A_Y^2\alpha^2(1+\varepsilon)}}-\varphi_{X,Y}\right];\\
&\text{Région d'émergence :}\\
&r_{X,Y} = B_{X,Y}\,{\operatorname{ch}\atop\operatorname{sh}}\left[\frac{1}{\sqrt{2}}\arcsin(z-z_0)\sqrt{\frac{2\beta^2}{2+(B_X^2+B_Y^2)\beta^2}}-\psi_{X,Y}\right].
\end{aligned}\right.
$$

La continuité des trajectoires et de leurs dérivées permet de déterminer les coefficients A, ..., ψ. On trouve

$$
(2)\quad \left\{
\begin{aligned}
&A_{X,Y}^2 = r_0^2\frac{\cos^2\theta_0}{\sin^2\theta_0}(\operatorname{ch}^2\beta_1+\lambda_{1XY}^2\operatorname{sh}^2\beta_1), \qquad \varphi_{XY}=\gamma_{1XY}-\alpha_{0XY},\\
&B_{X,Y}^2 = A_{XY}^2\left[\pm\cos^2(\alpha_{0XY}-\varphi_{XY})-\frac{1}{\lambda_{2XY}^2}\sin^2(\alpha_{0XY}-\varphi_{XY})\right],\\
&\psi_{X,Y} = \operatorname{arc\,th}\,{\frac{1}{\lambda_{2XY}}\operatorname{tg}\atop \lambda_{2XY}\operatorname{cotg}}(\alpha_{0XY}-\varphi_{X,Y})-\beta_2,\\
&\text{avec}\\
&\lambda_{1X,Y}^2 = \frac{1}{1\pm\varepsilon}\,\frac{2kx+(1-x)\left[2k^2-\left(\frac{r_0}{z_0}\right)^2(1-\varepsilon\cos2\theta_0)\operatorname{ch}^2\beta_1\right]}{2(1-k)+(1-x)\left[\left(\frac{r_0}{z_0}\right)^2\operatorname{ch}^2\beta_1-2(1-k)^2\right]},\\
&\lambda_{2X,Y}^2 = \frac{1}{1\pm\varepsilon}\,\frac{2kx+(1-x\left\{2k^2-(1-\varepsilon)\left(\frac{A_X}{z_0}\right)^2[1\pm\sin^2(\alpha_{0X}-\varphi_X)]-(1+\varepsilon)\left(\frac{A_Y}{z_0}\right)^2[1\pm\sin^2(\alpha_{0Y}-\varphi_Y)]\right\}}{2(1-k)+(1-x)\left[\pm\left(\frac{A_X}{z_0}\right)^2\cos^2(\alpha_{0X}-\varphi_X)\pm\left(\frac{A_Y}{z_0}\right)^2\cos^2(\alpha_{0Y}-\varphi_Y)-2(1-k)^2\right]},\\
&\operatorname{tg}\gamma_{1X,Y} = \lambda_{1X,Y}\operatorname{th}\beta_0.
\end{aligned}\right.
$$

Les relations (1) et (2) déterminent entièrement les trajectoires électroniques dans la lentille elliptique fonctionnant en régime transgaussien. Elles permettent en particulier le calcul numérique de ces trajectoires en fonction de la structure électrique et géométrique de la lentille et des paramètres r_0/z_0 caractérisant l'incidence et θ_0 fixant la position du méridien initial.

La théorie ainsi établie fournit un instrument de travail applicable au calcul des lentilles cylindriques (au sens optique du terme) pour lesquelles ε est petit mais fini; ces lentilles jouent un rôle important dans les projets actuels de lentilles corrigées d'aberrations ([3]).

([3]) O. SCHERZER, *Optik*, 6, 7, 1947.

b. Lentilles faiblement elliptiques. — Lorsque par contre, l'on a affaire à une lentille ronde perturbée, ε peut être considéré comme infiniment petit. Le développement en série de ε fournit alors pour les projections des trajectoires établies en (2) des expressions de la forme

$$(3)\qquad \left\{\begin{aligned} r_X &= r_r\left\{1+\varepsilon\left[g\left(x, \frac{r_0}{z_0}, z\right)+h\left(x, \frac{r_0}{z_0}, z\right)\cos 2\theta_0\right]\right\}\cos\theta_0,\\ r_Y &= r_r\left\{1-\varepsilon\left[g\left(x, \frac{r_0}{z_0}, z\right)-h\left(x, \frac{r_0}{z_0}, z\right)\cos 2\theta_0\right]\right\}\sin\theta_0;\end{aligned}\right.$$

où r_r représente la trajectoire transgaussienne de la lentille ronde de paramètres x et r_0/z_0, calculée en (2).

Les fonctions g et h sont calculables à partir des équations (1) et (2). On voit que, contrairement au régime gaussien, le paramètre θ_0 figure dans les accolades mais uniquement sous la forme $\cos 2\theta_0$. La fonction h est nulle en régime gaussien.

c. Figures caractéristiques du régime transgaussien. — Les équations précédentes nous donnent une théorie précise des figures que nous avons observées expérimentalement ([4]), ([5]) et qui caractérisent le régime transgaussien. Lorsque la zone latérale d'incidence Δr_0 est assez faible, les fonctions r_r, $r_r g$, $r_r h$ peuvent être considérées comme linéaires en $(r_0/z_0)^2$. Les équations (3) représentent alors, pour θ_0 constant, celles d'une droite dont la distance à l'origine est proportionnelle à ε. L'enveloppe de cette droite pour θ_0 variable est constituée par une hypocycloïde à quatre rebroussements ([4]), ([5]) dont les dimensions sont proportionnelles à l'ellipticité de la lentille.

d. Signalons enfin que la théorie est intégralement applicable au miroir elliptique transgaussien : les formules subissent seulement le changement de structure imposé par le caractère imaginaire de r_{0i}/z_0.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la diffusion multiple de particules chargées.* Note de M. **Robert Mertens**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans cette Note une formule est établie pour la distribution angulaire de particules chargées traversant une feuille métallique.

L'équation intégro-différentielle décrivant le phénomène est ([1])

$$(1)\qquad \frac{\partial f(\theta, \varphi, \nu)}{\partial \nu} = \int \frac{f(\theta', \varphi', \nu)}{\cos\theta'}\, p(\Theta)\, d\Omega' - \frac{f(\theta, \varphi, \nu)}{\cos\theta}$$

([4]) F. Bertein et E. Regenstreif, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1854.

([5]) P. Grivet, F. Bertein et E. Regenstreif, *Proceedings of the Int. Conference on Electron Microscopy*, Delft, 1949.

([1]) *Cf.* W. Bothe, *Z. Physik*, **54**, 1929, p. 161.

avec $\nu = qns$; $f(\theta, \varphi, \nu)d\Omega$ étant le nombre de particules sortant de la feuille métallique (par sec et cm²) et pénétrant dans l'angle solide élémentaire $d\Omega = \sin\theta\, d\theta\, d\varphi$; s l'épaisseur de la feuille; n le nombre d'atomes par cm³ de la feuille métallique; q la section efficace totale pour la diffusion simple; Θ l'angle entre les directions (θ, φ) et (θ', φ'); $p(\Theta)$ la probabilité pour qu'une particule chargée, ayant la direction (θ, φ), soit diffusée dans l'angle solide élémentaire $d\Omega' = \sin\theta'\, d\theta'\, d\varphi'$.

Le grand avantage de l'équation (1) est qu'elle tient compte de la vraie longueur du parcours de la particule chargée dans la feuille.

Posons $\cos\theta' \approx \cos\theta \approx 1$ et écrivons la solution de l'équation (1) sous forme d'une série de polynomes de Legendre, nous obtenons exactement la formule de Goudsmit et Saunderson ([2]). Il est à remarquer que Goudsmit et Saunderson n'ont pas obtenu leur formule au moyen d'une équation intégro-différentielle mais bien en utilisant les principes du calcul des probabilités.

Afin d'intégrer l'équation (1), posons $f(\theta, \varphi, \nu) = \cos\theta\, F(\theta, \varphi, \nu)$; la fonction $F(\theta, \varphi, \nu)$ satisfait alors à l'équation

$$(2) \qquad \cos\theta \frac{\partial F}{\partial \nu} = -F(\theta, \varphi, \nu) + \int F(\theta', \varphi', \nu) p(\Theta)\, d\Omega'.$$

Nous développons maintenant $F(\theta, \varphi, \nu)$ en une série de fonctions de Laplace,

$$F(\theta, \varphi, \nu) = \sum_{n=0}^{\infty} Y_n(\theta, \varphi, \nu)$$
$$= \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ a_{n0}(\nu) P_n(\mu) + \sum_{m=1}^{n} [a_{nm}(\nu) \cos m\varphi + b_{nm}(\nu) \sin m\varphi] P_n^m(\mu) \right\},$$

où $\mu = \cos\theta$, et $p(\Theta)$ en une série de polynomes de Legendre,

$$p(\Theta) \equiv \mathfrak{L}(\cos\Theta) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n P_n(x), \qquad \text{avec} \quad x = \cos\Theta.$$

Employant les relations intégrales bien connues des fonctions de Laplace et les formules ([3])

$$\int_{-1}^{1} \mu P_n^m P_{n'}^m\, d\mu = 0 \qquad \text{si} \quad n' - n \neq 1,$$

$$\int_{-1}^{1} \mu P_n^m P_{n-1}^m\, d\mu = \frac{2}{4n^2 - 1} \frac{(n-m)!}{(n-m-1)!}$$

([2]) S. GOUDSMIT et J. L. SAUNDERSON, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 24; 58, 1940, p. 36; *cf.* J. H. BARTLETT, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 843.

([3]) E. W. HOBSON, *The Theory of Spherical Harmonics*, Cambridge, 1931, p. 162. (La formule de Hobson contient un facteur π fautif.)

et posant $a_{nm}(\nu) = (2n+1) g_{nm}(\nu)$, nous trouvons que les coefficients $g_{nm}(\nu)$ satisfont à un système d'équations aux dérivées et aux différences finies,

$$(n-m)\frac{dg_{n-1,m}}{d\nu} + (n+m+1)\frac{dg_{n+1,m}}{d\nu} = B_n(2n+1)\,g_{nm} \qquad (m \leqq n;\ n = 0, 1, 2, \ldots)$$

avec

$$B_n = 2\pi \int_{-1}^{1} \mathfrak{T}(x)\,P_n(x)\,dx - 1. \tag{3}$$

Compte tenu de la condition aux limites $f(\theta, \varphi, 0) = (1/\pi)\,\delta(1-\mu)$, $1/\pi$ étant un facteur de normalisation et $\delta(x)$ désignant la fonction delta de Dirac, nous trouvons les conditions aux limites suivantes :

$$g_{n0}(0) = \frac{1}{4\pi}, \qquad g_{nm}(0) = 0 \qquad (m \neq 0).$$

Nous avons prouvé que les fonctions $g_{nm}(\nu) \equiv 0 (m \neq 0)$ [4], d'où il suit que la solution possède une symétrie axiale. Posons $g_{n0}(\nu) = (1/4\pi)\,G_n(\nu)$, nous obtenons finalement

$$\boxed{f(\theta, \nu) = \frac{\mu}{4\pi}\sum_{n=0}^{\infty}(2n+1)\,G_n(\nu)\,P_n(\mu),} \tag{4}$$

les $G_n(\nu)$ satisfaisant au système [5]

$$\boxed{n\frac{dG_{n-1}}{d\nu} + (n+1)\frac{dG_{n+1}}{d\nu} = B_n(2n+1)\,G_n} \tag{5}$$

avec les conditions aux limites $G_n(0) = 1$.

Des calculs plus détaillés, comprenant l'intégration du système (5), seront publiés ailleurs. Des calculs employant des lois différentes pour la diffusion simple seront effectués sous peu.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure de la période d'une activité isomérique à vie brève formée dans le plomb par les neutrons rapides.* Note de MM. **Jean Lascoux** et **Georges Vendryes**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Un dispositif a été réalisé pour l'étude d'activités à courte période (entre 10^{-3} et 1 s environ) formées par bombardement de neutrons; ceux-ci sont obtenus en bombardant une cible en beryllium avec 5μ A de deutons de 600 keV. La substance irradiée est placée contre la source de

[4] Une condition analogue peut être obtenue pour les coefficients $b_{nm}(\nu)$.

[5] Dans le cas de la formule de Goudsmit et Saunderson, les coefficients G_n satisfont à une équation différentielle ordinaire.

neutrons, face au détecteur de radiations. Ce dernier est un photomultiplicateur R.C.A. 5819 associé à un cristal de tolane de grandes dimensions, qu'a préparé, au C. E. A., M. Pichat, dans les services de M. Guéron. Le dispositif expérimental comporte essentiellement un automatisme assurant l'alternance régulière d'intervalles de bombardement et de mesures, au moyen de quatre signaux S_1, S_2, S_3, S_4, dont la tension varie périodiquement au cours du temps selon la figure 1.

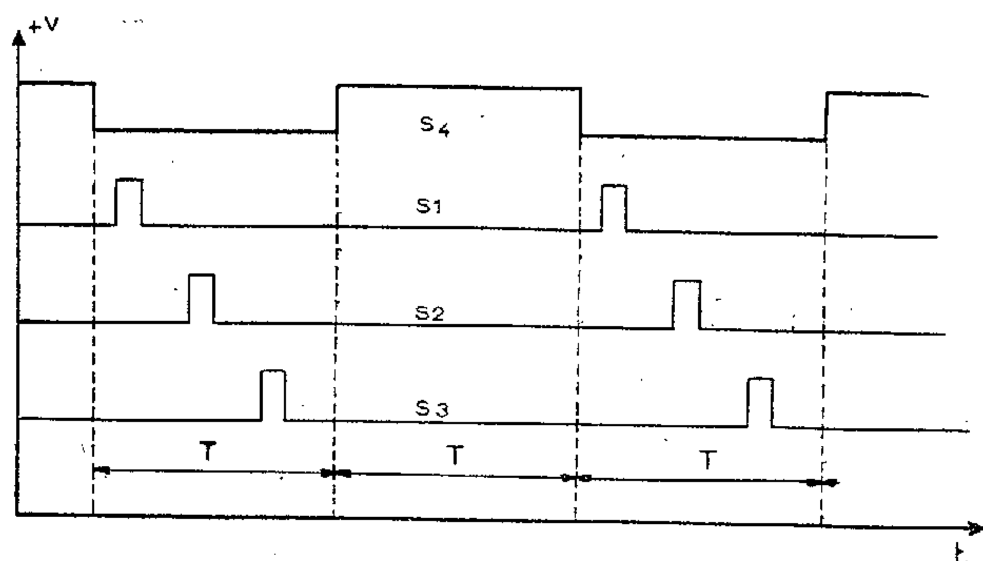


Fig. 1.

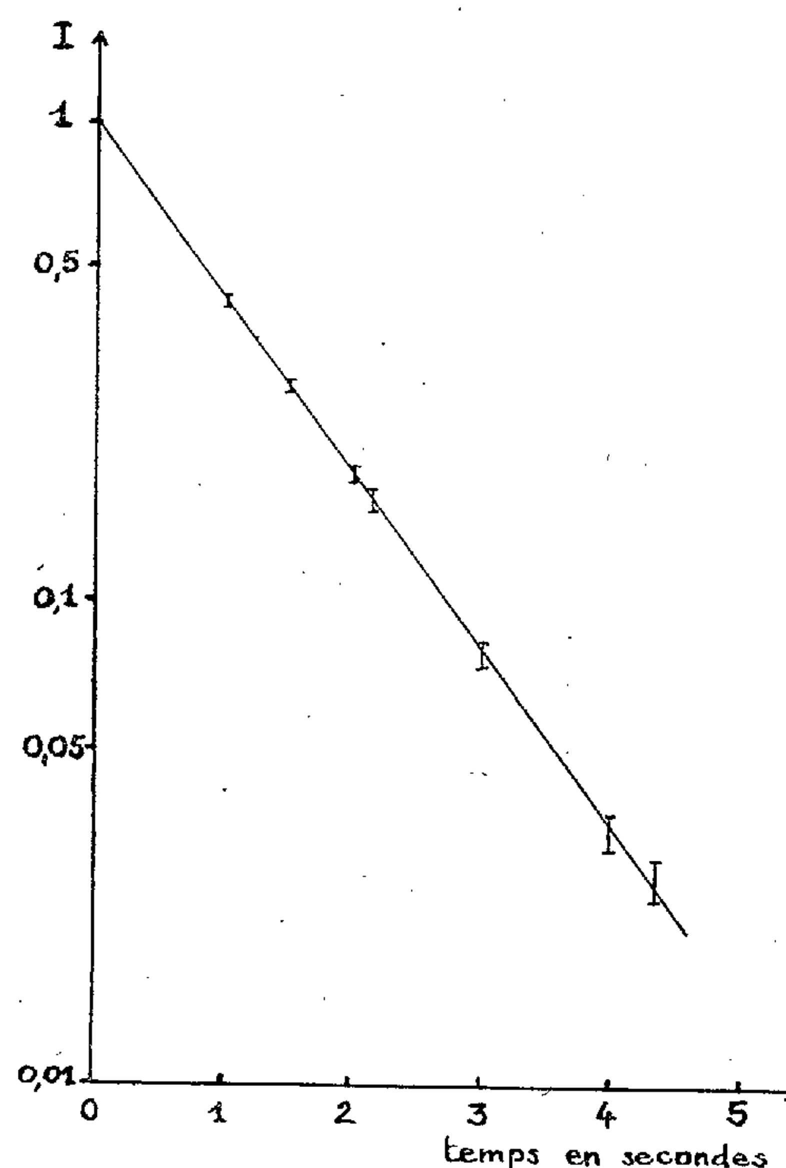


Fig. 2.

Les irradiations sont limitées aux intervalles, de durée T, où S_4 est positif; au cours des intervalles, de même durée T, qui séparent deux irradiations successives, les impulsions issues du photomultiplicateur sont, à tour de rôle, dirigées sur trois échelles pendant trois intervalles d'égale durée T/10 correspondant aux crêtes positives des signaux S_1, S_2, S_3. On peut ainsi mettre en évidence les activités de période voisine de T éventuellement formées par le bombardement des neutrons, et balayer leur courbe de décroissance en déplaçant les signaux S_1, S_2, S_3 dans l'intervalle de deux irradiations successives.

Nous donnons ci-dessous quelques résultats obtenus en utilisant un cycle de fonctionnement de période $2T = 12$ s. Nous avons tout d'abord irradié une pastille de beryllium et observé la décroissance de l'hélium 6 formé par la réaction Be^9 (n, α) He^6. La période obtenue : $\tau = 0,84 \pm 0,03$ s,

est en bon accord avec les valeurs récemment mesurées par d'autres auteurs [1].

Nous avons ensuite irradié du plomb pour rechercher l'activité de 0,9 s signalée par Campbell et Goodrich [2] dans du plomb exposé aux neutrons d'une pile. Nous avons observé une telle activité, et mesuré sa période à $\tau = 0{,}82 \pm 0{,}02$ s. La courbe de décroissance de la figure 2 a été tracée après soustraction d'un fond parasite égal environ au 1/5 de l'activité initiale. Nous avons constaté que l'activité de période 0,82 s était due aux neutrons rapides et non aux neutrons lents; nous avons établi qu'elle était bien formée dans le plomb et, en particulier, qu'il ne pouvait s'agir là d'un effet secondaire de la désintégration β de l'He^6 produit dans le beryllium de la cible. Le rayonnement qui lui est associé est constitué de rayons γ relativement durs; les résultats des mesures d'absorption que nous avons faites, quoique très imprécis, sont compatibles avec les valeurs indiquées par Campbell et Goodrich [2] pour leurs énergies (0,5 et 1 MeV).

Une discussion des conditions expérimentales montre que la période de 0,82 s est due à une activité isomérique; nous avons mesuré à $1{,}5 . 10^{-25}$ cm^2 par atome de plomb naturel sa section efficace de formation avec les neutrons de la réaction $Be^9\ (d, n)\ B^{10}$. Cette valeur, exacte à un facteur 2 près, s'accorde avec l'hypothèse, de toutes la plus vraisemblable, que l'isomère est formé par choc inélastique d'un neutron sur un des isotopes stables du plomb naturel.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherches sur la radioactivité de l'air libre.* Note de M. Hubert Garrigue, présentée par M. Jean Cabannes.

On a décelé à nouveau le corps complexe de période quelques heures déjà soupçonné en 1946. Mais on arrive à conclure que les abondantes précipitations atmosphériques générales de l'année 1951 dans nos régions ont lavé la basse atmosphère.

Nous avons signalé récemment [1] que le doute sur l'origine « atomique » du corps radioactif complexe A mis en évidence dans l'atmosphère libre depuis le 20 juillet 1946, était levé. La prospection systématique de la radioactivité de l'air libre en station fixe (Observatoire du sommet du Puy de Dôme, 1460 m) et en vol (à bord de l'avion-laboratoire du Service de l'Aviation légère, attaché à la Défense nationale) se poursuit, en utilisant les

(1) Sommers et Sherr, *Phys. Rev.*, 69, 1946, p. 21; Holmes, *Proc. Phys. Soc.*, 62, 1949, p. 293; Cassels et Latham, *Nature*, 159, 1947, p. 367.

(2) *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 640, abstract C 9.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1003.

mêmes méthodes d'opération et de mesure. De nouveaux résultats ont été obtenus, qui méritent d'être signalés. Ils sont résumés dans le tableau suivant.

Date.	Durée (h).	Conditions d'opération altitude.	Rn.	Tn.	A.	A′.
Année 1951.						
15 mars.	3	vol PSV, givre, neige 2 400 m	$0,7.10^{-16}$	néant	néant	néant
18 mars.	1 1/2	vol, air instable, 5 950 m (²)	0,1	»	»	»
23 mars.	1	vol d'onde 4 900 m	traces	»	»	»
4 avril.	3	vol, air turbulent 3 300 m	$0,05.10^{-16}$	traces	traces	traces
21 avril.	2	vol, air humide 3 300 m	1,0	»	»	$0,1.10^{-18}$
23 avril.	20	station fixe 1 460 m	8,0	$8,0.10^{-18}$	»	0,2
3 mai..	2	vol PSV, pluie 2 600 m	0,2	néant	néant	traces
20 mai..	2	vol, air turbulent 3 200 m	0,8	»	»	néant
Jours suivants jusqu'au 14 août.		vols, altitudes diverses	variable	néant	néant	néant

N. B. — Rn, Tn, A, A′, représentent respectivement les teneurs de l'air libre, exprimées en équivalent de curie de radon par centimètre cube de volume exploré, en radon (période 27 mn), thoron (11 h), corps complexe A (25 h), corps complexe A′ (quelques heures).

Conclusions. — Le vol expérimental du 21 avril et la mesure au sol du 23 avril 1951, semblent lever le doute qui restait sur la réalité du corps complexe A′ de période quelques heures, dont l'existence avait déjà été soupçonnée en 1946 (³). Par ailleurs et pour la première fois, il a été possible de mettre en évidence un corps radioactif étranger (le corps A′) en station fixe au sol, en un lieu où l'air est le moins souillé par la proximité d'agglomérations industrielles ou autres. La période de ce corps A′ se trouve comprise entre les périodes des dépôts actifs du radon et du thoron; sa détermination précise est, de ce fait, difficile et l'évaluation de l'intensité d'activité de ce corps A′ ne peut être qu'approximative. De plus, les mesures au sol sont gênées par la plus grande abondance de radon et de thoron d'origine terrestre.

Il faut remarquer enfin, que les abondantes précipitations atmosphériques générales survenues dans nos régions depuis quelque temps et jusqu'à ces jours derniers, influencées certainement (à l'échelle mondiale) par les noyaux de condensation issus des explosions atomiques, comme il a été déjà signalé (¹), ont eu pour effet de laver très efficacement la basse atmosphère : les vols expérimentaux à partir du 4 avril 1951, n'accusent, en effet, que de faibles

(²) L'altitude de 5 950 m au dessus du niveau de la mer, n'a été limitée que par l'absence d'inhalateur d'oxygène. L'altitude maxima atteinte précédemment avec le même matériel était de 5 670 m, à la date du 28 mars 1950. Nous rappelons que le plafond pratique de l'avion utilisé se situe entre 2 500 et 3 000 m, les altitudes plus élevées n'ont pu être atteintes que sur les ascendances.

(³) *Publ. Sc. tech. Minist. Air*, n° 228, 1949, p. 14.

traces de corps radioactifs étrangers, lesquelles ne sont plus décelables à partir du 20 mai 1951, bien que l'activité « atomique » humaine à la surface du globe n'ait cessé d'augmenter.

Rappelons que les intensités relatives du corps complexe A de période 20 à 30 h, mesurées jusqu'ici, ont été les suivantes :

Date.	Intensité relative.
20 juillet 1946	100
Juillet 1948	1
Janvier à avril 1950	0,0
11 juin 1950	1
13 janvier 1951	3
3 février 1951	15
4 avril 1951	0,1
20 mai au 14 août 1951	0,0

Ces constatations ont leur importance et montrent le rôle de défense naturelle que pourront jouer les précipitations atmosphériques dans le cas d'invasion d'air pollué. Il paraît même devoir être possible, par le déclenchement artificiel de la pluie en amont de la trajectoire d'un système de fronts, d'empêcher cet air pollué d'atteindre un pays et par contre-coup d'y amener, avec de l'air purifié, du beau temps.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude des propriétés diélectriques en ondes centimétriques de l'eau fixée sur gel de silice.* Note de MM. **Jean Le Bot** et **Serge Le Montagner**, présentée par M. Jean Cabannes.

A la suite de divers travaux destinés à étudier le mécanisme de la fixation de l'eau sur le gel de silice (1), (2), (3), nous avons étudié la variation de ε' et ε'' de l'actigel hydraté en fonction de la fréquence entre 2800 et 26000 MHz ($\lambda = 10,7$ à $\lambda = 1,16$ cm) à la température de $+20°$ C.

L'actigel hydraté perd une partie de son eau (18 % environ) par chauffage à 100-110° et peut reprendre cette eau de façon à peu près réversible si on l'abandonne dans une atmosphère humide. Le reste de l'eau (10 % environ) ne s'élimine que par chauffage au-dessus de 600° C; le produit perd alors partiellement ses propriétés d'adsorbant. Nous pensons avoir mis en évidence une différence très nette entre les propriétés diélectriques de l'eau partant à 100° C et de celle partant à 600° C.

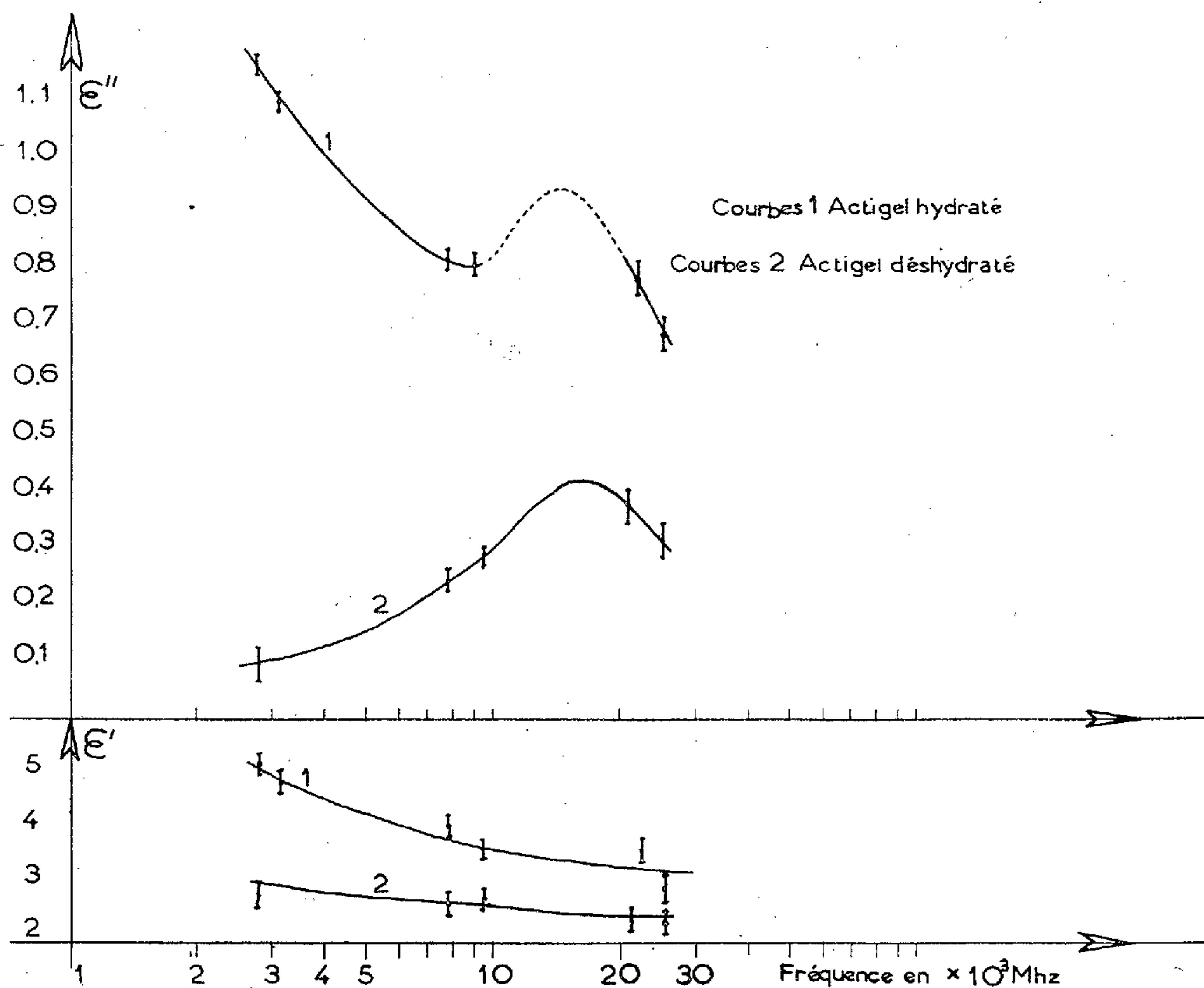
Nos résultats expérimentaux sont résumés par la courbe ci-contre. La courbe 2 est relative à l'actigel déshydraté à 100-110° jusqu'à poids constant :

(1) Mme M. Freymann et R. Freymann, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 401 et 1096.

(2) Mlle M.-T. Rolland et R. Bernard, *Comptes rendus*, 232, 1951. p. 1098.

(3) Mme M. Freymann, Mlle M.-T. Rolland et R. Freymann, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2312.

l'absorption ε'' présente alors un maximum vers 17000 MHz que l'on peut attribuer à l'eau partant à 600° C. La courbe 1 relative à l'actigel hydraté présente également ce maximum, mais la remontée de la courbe vers les



fréquences plus faibles laisse prévoir l'existence d'un autre maximum qui serait cette fois dû à l'eau partant à 100-110° C. Nous avons également vérifié qu'il était possible de passer réversiblement de la courbe 1 à la courbe 2 par déshydratation puis réhydratation; la vérification a été bonne dans tous les cas. Enfin, pour nous assurer de l'existence du maximum vers 17000 MHz, région où nous ne disposons pas encore de moyens de mesure, nous avons essayé de déplacer ce maximum vers 10000 MHz en abaissant la température : un abaissement de température de + 20° à + 5° C a ainsi fait passer l'absorption ε'' de 0,81 à 0,96 à 9540 MHz. Des expériences sont en cours pour étudier systématiquement l'effet de la température sur ces bandes, mais nous pensons que la différence entre les propriétés diélectriques, en ondes centimétriques, de l'eau partant à 100° et de l'eau partant à 600° est bien établie par nos expériences.

D'autre part, et bien que ceci demande confirmation, on pourrait songer à rapprocher la bande observée à 17000 MHz et + 20° C de celle obtenue à 1 KHz et — 100° C par Mlle Rolland et R. Bernard (²) pour le même produit.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absorption ultra-hertzienne des sels hygroscopiques.* Note de M. **Raymond Rohmer**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons établi dans un travail antérieur (¹) que l'étude de l'absorption ultra-hertzienne permettait de reconnaître si un système eau-sel était en équilibre ou non. Nous avons montré l'intérêt de cette étude pour les mélanges de sels et d'eau, à faible teneur en eau; ces systèmes se trouvent le plus souvent en faux équilibre à cause du mauvais contact entre l'eau et le sel, en gros excès.

L'intérêt de l'étude de l'absorption ultra-hertzienne apparaît encore davantage lorsqu'on s'adresse aux sels capables de fixer la vapeur d'eau, soit par absorption directe de la vapeur d'eau de l'atmosphère — c'est le cas des sels hygroscopiques proprement dits — soit lorsqu'on les soumet à l'action de la vapeur d'eau en vase clos.

La mesure de l'absorption ultra-hertzienne indique sous quelle forme la vapeur d'eau est fixée par le sel (²).

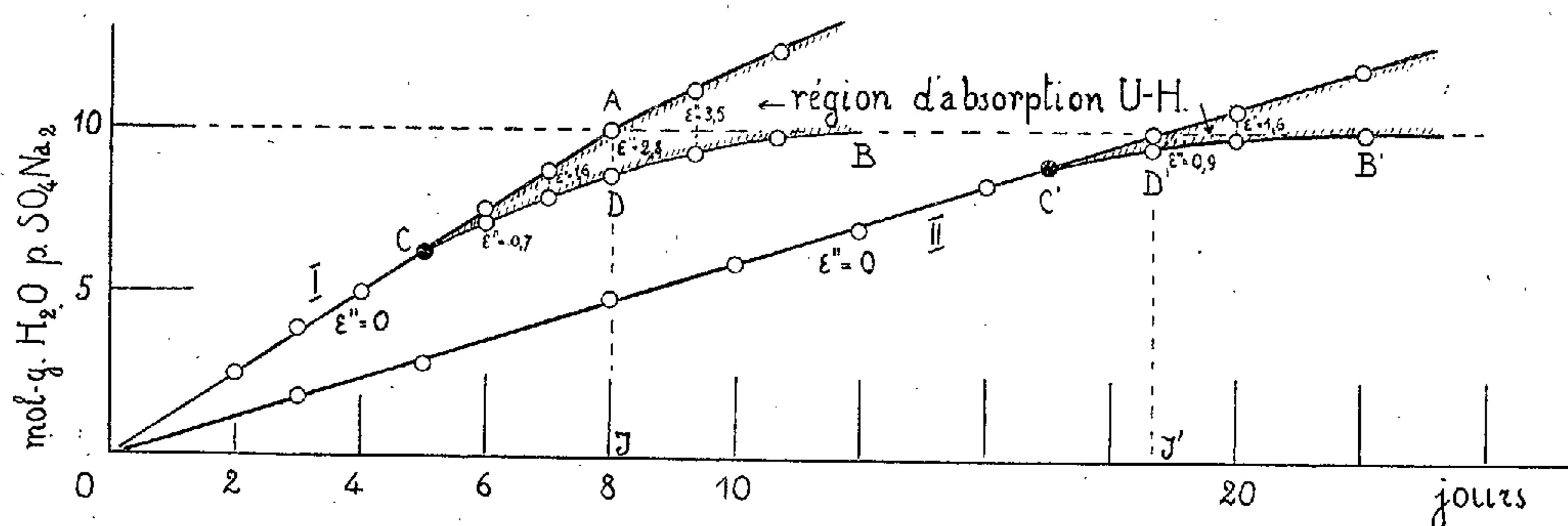
Le sulfate de sodium anhydre s'hydrate dans une atmosphère saturée d'humidité car, à toute température inférieure à 32°,4, la tension de vapeur saturante de l'eau est supérieure à la tension de dissociation du décahydrate. On étale le sel, sur des verres de montres qu'on met dans un dessiccateur dans lequel l'eau remplace le desséchant. Le dessiccateur est placé dans un thermostat. On pèse à intervalles réguliers et l'on mesure l'absorption ultra-hertzienne ε'' pour $\lambda = 3,138$ cm (²).

On a porté sur le diagramme la quantité d'eau absorbée par le sel en fonction du temps. L'augmentation de poids est pratiquement proportionnelle au temps. Elle dépend surtout de l'épaisseur de la couche saline qu'il faut renouveler après chaque pesée pour éviter l'hydratation superficielle et, pour une épaisseur donnée faible, elle ne dépend que de la tension de la vapeur d'eau et, par suite, de la température.

La courbe I se rapporte à une expérience à 30°. Pendant les cinq premiers jours, l'absorption ultra-hertzienne est très voisine de zéro (droite OC). Il en résulte que l'eau condensée n'est pas liquide, mais combinée à l'état d'eau de cristallisation. Les petites valeurs que prend ε'' (de l'ordre de 0,05) sont dues au fait que l'eau condensée ne se combine pas instantanément au sel. A partir du sixième jour, ε'' prend des valeurs croissantes qui indiquent la présence d'eau liquide non combinée, en quantités proportionnelles à ε''. A partir de ce moment la vitesse d'absorption de la vapeur d'eau par le sel, qui est constante, devient supérieure à la vitesse de combinaison de l'eau avec SO_4Na_2 qui diminue avec la disparition progressive du sulfate anhydre. Après J jours, AJ

(¹) R. Freymann et R. Rohmer, *Comptes rendus*, 233, 1951 (à paraître).
(²) M. et R. Freymann, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 401.

représente l'eau absorbée, JD l'eau combinée et AD l'eau libre. On détermine AD en plaçant le sel mouillé dans une enceinte sous une pression de vapeur égale à la tension de dissociation du décahydrate (dessiccateur dans lequel le desséchant est remplacé par SO_4Na_2, $10\,H_2O$.) L'eau libre, dont la tension de



vapeur est supérieure à celle de l'hydrate, s'évapore et se déduit de la perte de poids. AD représente ainsi 1,5 mol-g d'eau pour 1 mol-g SO_4Na_2; l'absorption ultra-hertzienne correspondante est 2,8, d'où le facteur de proportionnalité qui permet de tracer la courbe CB. A 30°, l'eau libre apparaît déjà lorsque la moitié de l'eau de cristallisation est combinée.

A 18°, par contre, ε'' reste voisin de zéro jusqu'à ce que 90 % de l'eau de cristallisation soit fixée.

La mesure de l'absorption ultra-hertzienne permet de connaître le processus d'hydratation des sels hygroscopiques proprement dits, dans l'atmosphère. Il dépend du degré hygrométrique et, plus encore, de la tension de l'hydrate qui se forme. Dans le cas général, par exemple pour Cl_3Al, on a une courbe d'hydratation de la forme I ou II, mais certains sels très avides d'eau comme CO_3K_2 ou Cl_2Ca absorbent l'eau avec une vitesse très supérieure à la vitesse de formation des hydrates stables; C se confond avec O; d'autres, au contraire, comme SO_4Co, se combinent à l'eau au fur et à mesure qu'ils l'absorbent (pour un degré hygrométrique normal). On ne constate pas la présence d'eau libre, même après la combinaison de 6 mol-g, car à partir de ce moment la tension de l'hydrate est voisine de celle de l'eau.

RADIOCHIMIE. — *Recherche d'un échange d'atomes de carbone entre les ions carboniques et les ions cobaltitricarboniques à l'aide du radiocarbone* 14. Note (*) de Mlle **Danièle Marx**, présentée par M. Louis de Broglie.

Mode opératoire. — On prépare le cobalticarbonate cobaltique en solution aqueuse selon la technique de Clément Duval [1]. On opère à l'obscurité.

(*) Séance du 1er octobre 1951.

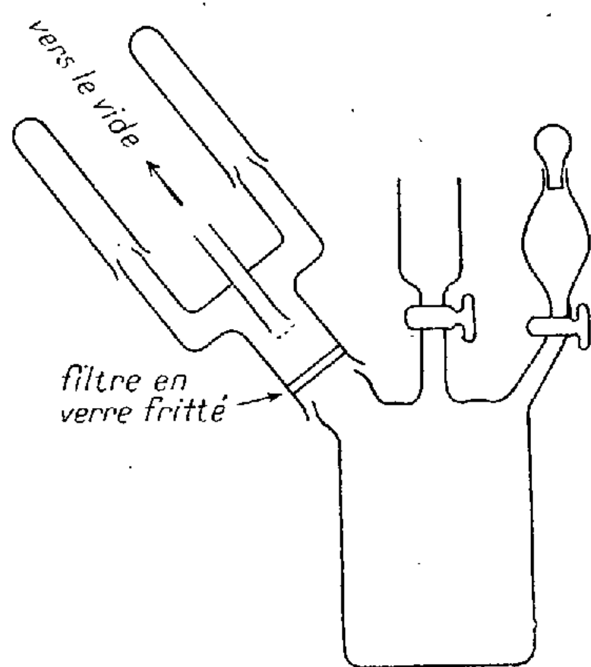
[1] *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 615.

Cette solution est introduite sous atmosphère d'azote dans le récipient de la figure à l'aide du tube à entonnoir.

Par l'ampoule à brome on introduit le radiocarbonate acide de sodium en solution aqueuse.

Après avoir laissé les substances en contact pendant le temps désiré, on précipite le complexe par de la glycérine.

Le dispositif de la figure permet alors de filtrer la solution sans la transvaser et de recueillir d'une part le complexe, d'autre part la solution de bicarbonate.



Dans cette solution on précipite les ions carboniques sous forme de carbonate de baryum.

Le précipité de cobalticarbonate cobaltique est lui-même transformé en anhydride carbonique et en carbonate de baryum par attaque dans un appareil du type de Van Slyke ([2]).

On mesure alors les activités des précipités de carbonate de baryum obtenus et l'on compare à celle d'un étalon préparé à partir du radiocarbonate initial.

Résultats. — On a utilisé des solutions sensiblement équimoléculaires et normales.

Dans ces conditions l'échange observé à température ordinaire pour des temps de contact s'échelonnant entre 5 mn et 15 h reste inférieur à 1 %.

Une étude complémentaire utilisant le complexe sous forme radioactive a donné le même résultat.

Il y a lieu d'observer que même à des concentrations dix fois inférieures, Harris et Stranks ([3]) ont obtenu un échange d'environ 50 % en 7 h entre les ions carboniques et les ions cobaltitétrammine carboniques.

Dans notre cas l'échange est donc plus difficile. On peut interpréter ce fait

---

([2]) D. D. Van Slyke et J. Folch, *J. Biol. Chem.*, 136, 1940, p. 509.

([3]) *Isotopes techniques conférence*, Oxford, 16 au 20 juillet 1951.

en observant que le complexe que nous avons étudié est plus symétrique que celui de Harris et Stranks.

Reprenant un argument donné dans un cas analogue par Muxart et Daudel ([4]), on peut penser que cette symétrie vient stabiliser la molécule car on peut écrire dans le cas des ions cobaltitricarboniques un plus grand nombre de formules mésomères isoénergétiques que dans le cas des ions cobaltitétrammine carboniques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation catalytique de l'amidure de potassium.* Note de M. **Jean de Postis** et Mlle **Lucienne Linemann**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons mis au point un appareil et un mode opératoire pour préparer l'amidure de potassium pur par décomposition du potassammonium en présence de platine de Vavon. Nous donnons une analyse de ce produit. L'amidure de potassium est remarquablement sensible à l'oxygène.

K. W. Gleener et A. L. Henne préparent l'amidure de potassium par décomposition catalytique du potassammonium en présence de nitrate ferrique ([1]). L'amidure préparé ainsi contient du fer et des oxydes qu'il est impossible d'éliminer. O. Ruff et E. Geisel utilisent des toiles de platine platinées mais leur appareil ne permet pas d'éliminer complètement ce catalyseur ([2]). Nous avons repris cette préparation en utilisant le platine de Vavon ([3]) et mis au point un appareil qui permet de faire la réaction et d'éliminer le catalyseur en atmosphère complètement exempte d'oxygène et d'humidité. Cet appareil sans joint de caoutchouc, fonctionne de la manière suivante :

Le catalyseur est déposé sur la plaque filtrante (*fig.* 1), puis l'appareil est séché et dégazé à chaud sous vide. On introduit le potassium par distillation, puis l'ammoniac, préalablement condensé sur sodium pour le débarrasser de toute trace d'oxygène et d'humidité, est admis dans le condenseur à reflux et recueilli à l'état liquide dans le tube à réaction. Il ne traverse pas la plaque filtrante si l'on a soin de maintenir au-dessous de cette dernière une légère surpression d'ammoniac.

Quand la réaction commence, on voit un dégagement d'hydrogène et la formation d'une phase incolore non miscible au potassammonium.

Dès que la décoloration est complète on filtre en créant une dépression sous

([4]) *Journal de Chimie Physique*, **47**, 1950, p. 612. *Voir* aussi Muxart, Boscardin, Daudel et Wenger, *J. de Chim, Phys.*, **47**, 1950, Note de la page 609.

([1]) *Inorganic Syntheses*, **2**, 1946, p. 128-133.

([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, **39**, 1905, p. 828.

([3]) *Ann. Chim.*, (9), **1**, 1914, p. 146.

la plaque poreuse. Le filtrat est jaune clair : par évaporation sous la pression atmosphérique il abandonne des aiguilles blanches, lesquelles perdent encore de l'ammoniac en se transformant en petits cristaux d'amidure non ammoniacal formant une croûte sur les parois de l'ampoule. Celle-ci contient un bâtonnet de platine qui, par vive agitation, détache l'amidure et le réduit en poudre assez fine. Ce produit est conservé et manipulé dans l'azote pur et sec.

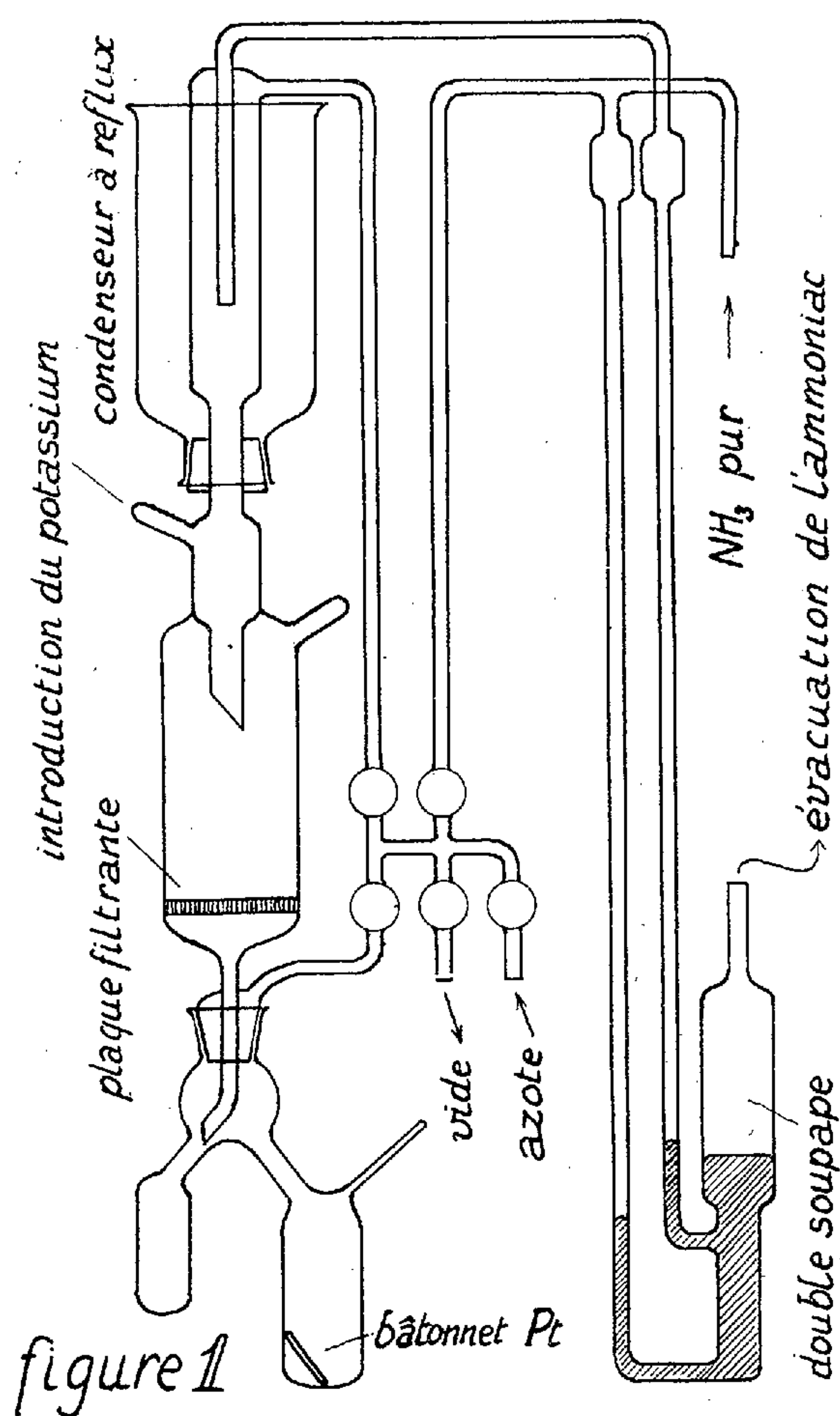


figure 1

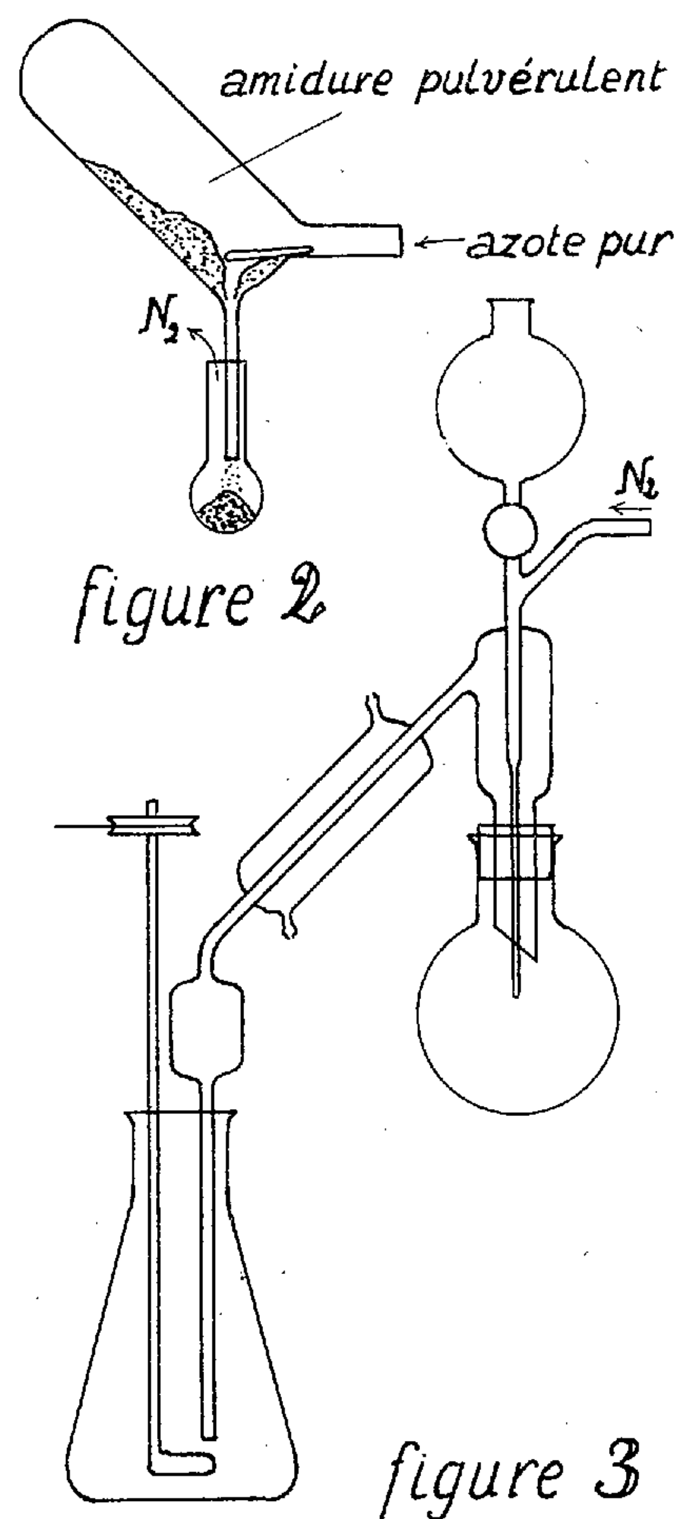
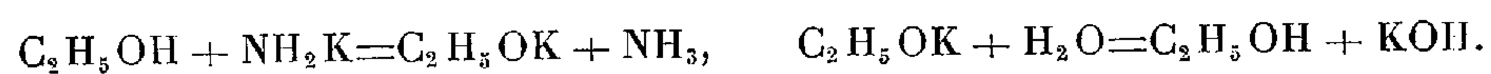


figure 2

figure 3

Analyse : un peu de produit est pesé dans une petite ampoule de verre mince pleine d'azote et close par un morceau d'agitateur (*fig.* 2); l'ampoule est brisée dans le ballon d'un appareil de Kjeldahl rempli d'azote. Cet appareil dans le cas présent est modifié par l'adjonction d'une ampoule à brome munie d'une arrivée d'azote au-dessous de son robinet (*fig.* 3).

On décompose l'amidure par l'alcool, puis par l'eau, suivant les réactions



$$C_2H_5OH + NH_2K = C_2H_5OK + NH_3, \qquad C_2H_5OK + H_2O = C_2H_5OH + KOH.$$

On conduit la distillation en maintenant un léger courant d'azote pour éviter tout retour d'ammoniac dans le tube de l'ampoule à brome. L'analyse se termine par le titrage de l'ammoniac absorbé dans une quantité connue d'acide sulfurique et par le titrage de la potasse dans le ballon.

Trois analyses ont donné les résultats suivants : m = poids de produit soumis à l'analyse; V = nombre de centimètres cubes d'acide N/1 dans le récepteur à ammoniac; v = nombre de centimètres cubes de soude N/1 nécessaire pour neutraliser l'excès d'acide; W = nombre de centimètres cubes d'acide N/1 pour le titrage de la potasse.

m	0,4241 g		0,3591 g		0,3819 g	
V − v	7,7 cm³	th. 7,71	6,5 cm³	th. 6,54	6,9 cm³	th. 6,94
W	7,7 cm³		6,4 cm³		6,9 cm³	

Ces analyses montrent que l'amidure titre au moins 99 %.

Plus altérable que le potassium, l'amidure absorbe instantanément les moindres traces d'oxygène et prend une coloration jaune orangé. A l'air il s'enflamme. Cependant, de nombreuses expériences faites dans les meilleures conditions nous ont montré que la couleur jaune pâle des solutions d'amidure ne semble pas provenir de l'oxygène. La nature et les propriétés du produit jaune obtenu par oxydation de l'amidure sont à l'étude.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Utilisation de pellicules colorées pour détecter l'évolution de la structure micrographique des alliages réfractaires au nickel-chrome du type* 80/20. Note de Mme **Charlotte Bückle** et M. **Jean Poulignier**, présentée par M. Pierre Chevenard.

On peut provoquer la formation de lames minces colorées à la surface des alliages réfractaires au nickel-chrome, lorsque ceux-ci ont subi un traitement de vieillissement soit en cours d'utilisation, soit en cours d'essais de fluage ou de fatigue à chaud; pour cela, on attaque dans une solution bouillante de composition : 5 cm³ d'acide fluorhydrique concentré, 3 cm³ d'acide chlorhydrique concentré, 50 cm³ d'alcool. La coloration évolue très progressivement suivant l'importance des facteurs de vieillissement : temps et température.

Il est bien connu que les réactifs micrographiques qui produisent des lames minces colorées à la surface des échantillons attaqués, permettent, mieux que les autres réactifs, l'observation fine des hétérogénéités physiques et chimiques du métal.

Beaujard (¹) en a donné une application récente permettant la mise en évidence de la cristallisation ferritique dans les aciers et il a rappelé quelques méthodes utilisées sur divers alliages. Jacquet (²) a préconisé l'oxydation

(¹) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 653.

(²) *Rev. de Métallurgie*, 48, 1950, p. 566.

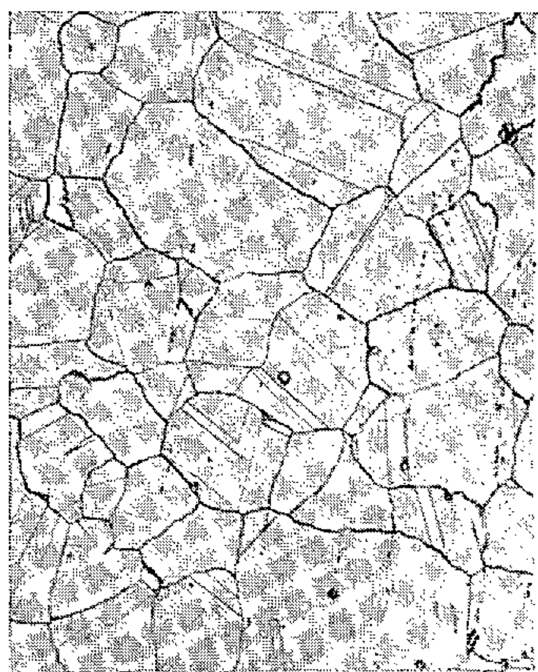
anodique en solution d'hyposulfite de sodium à 0,1 %, pour mettre en évidence les hétérogénéités aux joints de grains des alliages réfractaires au nickel-chrome. Pfeil, Allen et Conway ([3]) ont montré l'évolution de la structure de ces mêmes alliages et spécialement de ceux du type Nimonic 80, en utilisant une attaque dans l'acide sulfurique à 5 %.

Dans le présent travail, nous nous sommes proposé de compléter les possibilités d'examen existantes par une méthode facilement reproductible, produisant une coloration aussi indépendante que possible de la durée d'attaque et suffisamment sensible pour permettre de suivre, d'après la coloration, l'évolution de la solution solide soit en cours d'utilisation, soit en cours d'essais de fluage ou de fatigue à chaud.

La solution d'attaque qui nous a donné les meilleurs résultats, présente la composition suivante :

Acide fluorhydrique concentré (densité 1,14)...	5 cm^3	en solution bouillante
» chlorhydrique concentré (densité 1,19)...	3 »	
Alcool dénaturé..............................	50 »	

La coloration dépend de l'orientation cristallographique des grains ou des portions de grains limitées par les mâcles de recristallisation. Tandis qu'à l'état initial (après traitement d'homogénéisation à 1080° et vieillissement


(I) × 150.


(II) × 150.


(III) × 150.

Évolution de la solution solide en fonction du vieillissement.

(I) Échantillon à l'état initial. — (II) Échantillon vieilli 750 h à 750°. — (III) Échantillon vieilli 1400 h à 750°. Poli mécanique. Attaque HCl + HF en solution alcoolique.

de 16 h à 700°) la solution solide ne présente pas, ou présente très peu de coloration (*fig.* I), on voit apparaître, dès les premières heures d'un vieillisse-

([3]) *Nickel-chromium-titanium alloys of the Nimonic* 80 *Type. Symposium on high-temperature Steels and Alloys for Gas-turbines*, Londres, 1951.

ment ultérieur un contraste qui va grandissant en fonction de la durée et de la température de ce vieillissement (*fig*. II). Les colorations, d'abord jaunes, deviennent progressivement de teinte marron de plus en plus foncé pour virer au bleu lorsque le traitement est suffisamment poussé (par exemple 500 h à 750°). Pour des vieillissements encore plus prononcés, les teintes qui étaient jusque-là bien franches se lavent et prennent des tons pastels. Simultanément, le film se marque de piqûres de plus en plus nettes (*fig*. III) qui tendent à confirmer l'hypothèse de Pfeil, Allen et Conway concernant la formation d'un précipité submicroscopique.

Les colorations varient peu en fonction de la durée d'attaque; seul le gravage des joints de grains ou de mâcle est notablement affecté par cette durée. Pour avoir des résultats parfaitement reproductibles, il est cependant préférable de se fixer un temps d'attaque constant (8 mn, par exemple).

L'importance de l'échelle des contrastes n'est pas la même pour les alliages réfractaires au nickel-chrome des diverses fabrications. Contrairement à l'attaque anodique, qui a permis de révéler l'influence des contraintes sur l'évolution des précipités aux joints [2], notre nouvelle attaque ne décèle pas d'effet appréciable des diverses sollicitations d'ordre mécanique sur l'évolution de la solution solide.

CORROSION. — *Sur le mécanisme de la corrosion intergranulaire et de la corrosion sous tension des alliages aluminium-magnésium et aluminium-zinc-magnésium*. Note de M. **Pierre A. Jacquet**, présentée par M. Albert Portevin.

Le chlorure d'aluminium formé par l'action des ions chlore de la solution de NaCl neutre sur les zones anodiques (phase électronégative et structure écrouie) subit une hydrolyse qui libère de l'acide chlorhydrique attaquant fortement les anodes avec formation d'hydrogène. Les contraintes mécaniques accélèrent l'attaque (corrosion sous tension) en favorisant l'accès de l'électrolyte au fond des fissures où l'effet d'entaille tend à mettre à nu des régions actives et à provoquer des déformations locales.

Nos recherches sur la relation entre la structure et la sensibilité à l'attaque intergranulaire de l'alliage Al-Mg [1] nous ont conduit à étudier le mécanisme encore mal connu de la corrosion sous tension de cet alliage et de l'alliage Al-Zn-Mg (« Zicral ») [2].

Les faits nouveaux sont les suivants :

1° Une éprouvette d'alliage AG 7 ou de zicral de structure quelconque, polie électrolytiquement, puis soumise à l'attaque anodique dans la solution NaClN se dissout avec dégagement d'hydrogène. L'anolyte s'enrichit en acide chlorhydrique et le catholyte en soude libre. Ces produits et la

(1) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 621.

(2) *Voir* par exemple P. T. Gilbert et S. E. Hadden, *J. Inst. Metals*, **77**, 1950, p. 237.

perte de poids de l'anode correspondent sensiblement à la loi de Faraday.

2° Lorsque l'alliage possède une structure caractérisant la sensibilité à l'attaque intergranulaire un spécimen traité dans les conditions ci-dessus, rincé à l'eau, puis placé au contact de l'eau distillée *froide* continue à libérer de l'hydrogène en quantité d'autant plus forte que le degré de sensibilité est plus grand et que les grains sont plus petits. Les bulles de gaz entraînent des filaments d'alumine.

3° Le dégagement d'hydrogène et la formation d'acide libre s'observent aussi lorsque l'alliage sensibilisé joue le rôle d'anode dans une pile galvanique dont la cathode est constituée par le même alliage non sensible.

4° L'examen d'une section d'éprouvette ainsi traitée montre que les joints de grains sensibilisés sont presque tous fissurés jusqu'à une profondeur notable sous la surface. A l'état insensible, la corrosion se traduit par des piqûres superficielles.

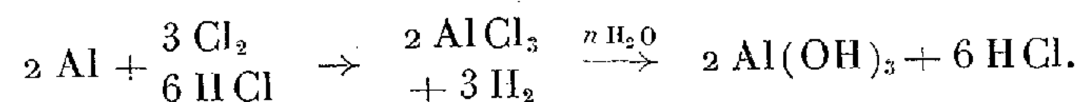
5° La corrosion avec dégagement d'hydrogène peut s'amorcer, ou se poursuivre après activation galvanique préalable, au seul contact de la solution saline neutre. L'examen sous le microscope permet de suivre la propagation de l'attaque et indique que les bulles se dégagent exclusivement sur les frontières des grains. Les phénomènes se ralentissent, puis cessent, lorsque apparaît sur toute la surface un dépôt d'alumine gélatineuse. On les provoque à nouveau en éliminant ce dépôt.

6° L'alliage Al-Zn-Mg est sensible à la corrosion intergranulaire à l'état trempé à 465° et devient insensible après revenu à 130°. La méthode de la pile montre que le revenu déplace fortement le potentiel vers des valeurs moins négatives, mais une déformation plastique locale (chocs, rayures) rend, de nouveau, l'alliage anodique. Au contact de la solution saline, la corrosion avec dégagement d'hydrogène se localise sur les bandes de déformation (*fig.* 1), jusqu'à former de profondes fissures transgranulaires. L'écrouissage local (rayure) de l'alliage trempé amorce une corrosion générale, qui devient ensuite strictement intergranulaire dans les régions non déformées, et est accompagnée d'une violente expulsion d'hydrogène (*fig.* 2). Ces faits et ceux décrits antérieurement, entraînent les conséquences suivantes :

a. Contrairement à la théorie électrochimique classique qui prévoit le dégagement d'hydrogène sur les seules régions cathodiques d'un alliage hétérogène, dans le cas des alliages riches en aluminium, ce gaz apparaît sur les anodes. Il traduit la réactivité des zones sensibilisées, vis-à-vis de l'eau et surtout de l'acide chlorhydrique résultant de l'hydrolyse du chlorure d'aluminium primaire ([3]).

([3]) Selon la théorie de l'électrolyse de P. Jolibois (*Comptes rendus*, 215, 1942, p. 319), la formation d'acide à l'anode est le phénomène primaire.

b. Le mécanisme fondamental de la corrosion fissurante, en présence d'ions chlore, implique donc une attaque acide, qui peut se produire indéfiniment, si les conditions sont favorables, selon une réaction en chaîne du type :



$$2\,Al + \begin{matrix} 3\,Cl_2 \\ 6\,HCl \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} 2\,AlCl_3 \\ +\,3\,H_2 \end{matrix} \xrightarrow{n\,H_2O} 2\,Al(OH)_3 + 6\,HCl.$$

On connaît d'ailleurs l'extrême sensibilité de l'aluminium et de ses alliages à l'acide chlorhydrique libre ([4]).

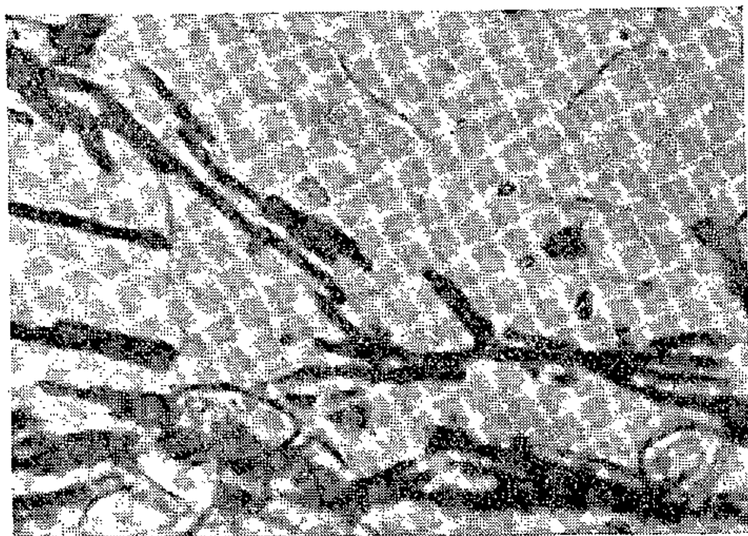


Fig. 1.



Fig. 2.

Fig. 1. — Corrosion par la solution NaCl N des bandes de déformation dans le zicral (état revenu) écroui par choc. (× 1850.)

Fig. 2. — Jets de gaz hydrogène pendant la corrosion du zicral (état trempé) au contact de la solution NaCl N. (× 370).

c. Les anodes sont, soit des phases plus électronégatives que la matrice, soit des régions de déformations plastiques même extrêmement minimes (par exemple au fond des rayures d'abrasion).

d. Les cathodes sont constituées par la matrice de l'alliage. Lorsque la corrosion fissurante progresse en profondeur, seule la surface extérieure continue à jouer le rôle de cathode. Ainsi, la soude cathodique élève le pH du milieu, mais ne peut réagir sur l'acide naissant au fond des fissures.

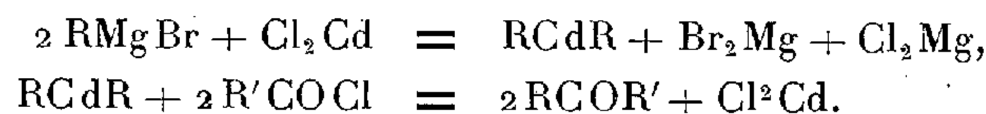
e. En l'absence de contraintes mécaniques, l'attaque des anodes tend à cesser, par suite de la polarisation cathodique et de l'accumulation d'alumine dans les fissures. Des efforts de traction élargissent les fissures, favorisent la pénétration des ions chlore et de l'eau, mettent à nu des régions actives et provoquent des déformations locales par effet d'entaille. Elles détruisent sans doute aussi la continuité de la pellicule superficielle.

([4]) P. Lacombe et N. Yannaquis, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 921; *Rev. Métallurgie*, 45, 1948, p. 68.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses de cétones aliphatiques ramifiées par les composés organo-cadmiens.* Note (*) de MM. **René Heilmann** et **Gabriel de Gaudemaris**, présentée par M. Marcel Délépine.

Les recherches en cours dans notre laboratoire ayant nécessité la préparation d'une série de cétones aliphatiques ramifiées, nous avons mis à profit, à cet effet, les méthodes organo-cadmiennes. Celles-ci, relativement peu utilisées pour la synthèse de cétones aliphatiques, comme le montrent les excellentes mises au point parues récemment ([1]), conduisent à des rendements qui semblent plus réguliers que ceux fournis par la méthode de Blaise aux organo-zinciques.

Conditions expérimentales. — Pour une molécule de magnésien, il faut théoriquement employer une demi-molécule de chlorure de cadmium et une molécule de chlorure d'acide, selon les équations de base :



$$2\,\mathrm{RMgBr} + \mathrm{Cl_2Cd} = \mathrm{RCdR} + \mathrm{Br_2Mg} + \mathrm{Cl_2Mg},$$
$$\mathrm{RCdR} + 2\,\mathrm{R'COCl} = 2\,\mathrm{RCOR'} + \mathrm{Cl^2Cd}.$$

Il convient donc de titrer par la méthode acidimétrique ([2]) les magnésiens (toujours de la forme $\mathrm{R.\,CH_2MgBr}$) dont la préparation fournit des rendements allant de 75 % pour le bromure d'isobutylmagnésium à 90 % pour les bromures d'éthyl et de propylmagnésium.

Afin d'obtenir la meilleure utilisation du chlorure d'acide, nous avons été amenés à prendre pratiquement les proportions suivantes : 0,55 mole de chlorure de cadmium et, suivant les cas, 0,7 à 0,8 mole de chlorure d'acide pour un atome-gramme de magnésium et une mole de bromure d'alcoyle.

Les chlorures d'acide obtenus par le chlorure de thionyle (même purifié par distillation sur la quinoléine puis sur l'huile de lin) peuvent retenir une impureté soufrée susceptible d'entraver la réaction avec l'organocadmien; c'est pourquoi nous avons de préférence préparé ces composés par la méthode d'échange avec le chlorure de benzoyle ([3]).

Après quelques essais, nous avons adopté le mode opératoire général suivant :

On prépare de la façon habituelle le magnésien à partir de 12 g de magnésium et d'une demi-mole d'halogénure dans 300 cm³ d'éther anhydre : on ajoute ensuite 300 cm³ de benzène anhydre et l'on distille l'éther au bain-marie à 70°; sans laisser refroidir, on introduit peu à peu 48 g de chlorure de cadmium, préalablement desséché à l'étuve à 120° et finement pulvérisé. Le sel se dissout et le

(*) Séance du 8 octobre 1951.

([1]) Vene, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, D p. 163; Cason, *Chem. Rev.*, 40, 1947, p. 15.

([2]) Gilman, *J. Am. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 1576.

([3]) Brown, *id.*, 60, 1938, p. 1325.

mélange reprend lentement la couleur du magnésien. On porte alors à l'ébullition pendant deux heures. Après avoir laissé refroidir à 60° le mélange, on ajoute en une heure 0,35 à 0,4 mole de chlorure d'acide (suivant le rendement du magnésien) dissous dans 300 cm³ de benzène anhydre. La réaction est en général immédiate et régulière; le mélange est ensuite maintenu pendant deux heures à l'ébullition : une très bonne agitation, signalée par de nombreux auteurs, est indispensable. Pendant la dernière partie de l'opération, le chlorure de cadmium reprécipite progressivement. Après refroidissement, le mélange est traité par l'eau glacée additionnée d'acide chlorhydrique dilué en quantité strictement suffisante pour dissoudre les sels métalliques.

On décante alors, on extrait trois fois à l'éther, et on lave à la soude diluée puis à l'eau. Après séchage sur carbonate de potasse et évaporation des solvants, on distille la cétone qui passe en général sur deux à trois degrés : le rendement en produit brut va de 50 à 70 %. A la rectification, on recueille une cétone très pure avec un rendement de 40 à 50 %.

Synthèses effectuées. — Après la préparation de diverses cétones (éthyltertiobutylcétone, propyltertiobutylcétone) ordinairement obtenues par d'autres méthodes, nous avons effectué celle de l'isobutyltertiobutylcétone : cette dernière avait été obtenue en petites quantités par les organozinciques ([4]) et le point d'ébullition indiqué était de 157-158°. Nous avons, en effet trouvé : $É_{745}$ 158; $É_{14}$ 53; n_D^{20} 1,4035.

Nous avons ensuite entrepris la synthèse de quelques cétones contenant le groupe néopentyle, c'est-à-dire du type $R.CO.CH_2.C.(CH_3)_3$, cétones qui, à notre connaissance, n'ont pas encore été décrites. Ces synthèses mettent en œuvre, avec les organomagnésiens cités plus haut, le chlorure de l'acide tertiobutylacétique, obtenu lui-même à partir de la méthylnéopentylcétone préparée en quantités notables dans notre laboratoire ([5]).

Éthyl-néopentyl-cétone. — Liquide incolore, $É_{744}$ 142°; n_D^{22} 1,4115. *Dinitro*-2.4 *phénylhydrazone*, F 134°. Analyse : N calculé 18,10 % ; trouvé 18,02 %.

Propyl-néopentyl-cétone. — Liquide incolore, $É_{15}$ 60°, n_D^{22} 1,4205. *Dinitro*-2.4 *phénylhydrazone*, F 100°. Analyse : N calculé 17,07 % ; trouvé 17,16 %.

Isobutyl-néopentyl-cétone. — Liquide incolore, $É_{15}$ 70-71°; n_D^{28} 1,4087. *Dinitro*-2.4 *phénylhydrazone*, F 83°. Analyse : N calculé 16,66 % ; trouvé 16,72 %.

Nous nous proposons d'étendre cette étude à la synthèse d'autres cétones ramifiées en α du groupe carbonyle.

([4]) Leers, *Bull. Soc. Chim.*, 39, 1926, p. 654.

([5]) R. Heilmann, G. de Gaudemaris et P. Arnaud, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de β-dicétones par condensation de monocétones et de chlorures d'acide à l'aide de t-amylate de sodium.* Note de MM. **Gustave Vavon** et **Jean-M. Conia**, présentée par M. Marcel Delépine.

La technique employée consiste à mélanger *rapidement* des solutions benzéniques de : une molécule de cétone, une molécule de *t*-amylate de sodium et unc demi-molécule de chlorure d'acide. Avec les couples : acétophénone-chlorure de benzoyle, cyclohexanone-chlorure de benzoyle, cyclohexanone-chlorure d'acétyle, les rendements en β-dicétone sont de 60, 45, 40 % par rapport au chlorure d'acide.

Si l'on a beaucoup étudié la condensation cétone + ester (1) (dite de Claisen) ou cétone + anhydride d'acide (2) en vue d'obtenir des β-dicétones (Rdts faibles dans le premier cas, très variables dans le deuxième), on a peu cherché à condenser cétone et chlorure d'acide; seuls Haller et Bauer (3) ont préparé ainsi quelques β-dicétones en sodant au préalable la monocétone par NH_2Na.

La difficulté consiste ici à préparer la cétone sodée; nous avons déjà montré (4), en effet, que les cétones sodées se condensent sur elles-mêmes, mais que *t-amylate de* Na, *excellent agent de sodation*, permet facilement de les préparer par simple mélange de la cétone et de la solution d'amylate. Nous avons pensé utiliser cette propriété pour *préparer les β-dicétones en mélangeant monocétone et amylate et en introduisant aussitôt dans le mélange le chlorure d'acide.* Cependant si l'on opère molécule à molécule, on a surtout la condensation d'une molécule de cétone avec deux molécules de chlorure (dès sa formation, la β-dicétone, plus acide, décompose la monocétone sodée et c'est cette dicétone qui se condense avec la deuxième molécule de chlorure d'acide). On obtient des rendements satisfaisants en β-dicétone en utilisant *une demi-molécule de chlorure d'acide pour une molécule de cétone sodée*, l'excès de celle-ci étant presque entièrement récupéré.

1. *Dibenzoylméthane* $C_{15}H_{12}O_2$. — On refroidit dans de la glace trois solutions constituées : la première par 120 g (une molécule) d'acétophénone dans 500 cm³ de benzène sec, la deuxième par 1 000 cm³ d'amylate benzénique N/1, la troisième par 70 g (une demi-molécule) de chlorure de benzoyle dans 500 cm³ de benzène. On mélange alors d'un seul coup l'amylate et la solution cétonique

(1) *Lieb. Ann.*, 291, 1896, p. 52.

(2) Meerwein et Vossen, *J. prakt. Chem.*, 141, 1934, p. 145.

(3) *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 145.

(4) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 157 et 245.

et l'on agite *quelques secondes*; dans la cétone ainsi sodée on introduit encore d'un seul coup le chlorure d'acide et l'on agite quelques minutes tandis que la température s'élève.

On lave à l'eau chlorhydrique, puis à l'eau pure et l'on décante la solution organique qu'on sèche sur SO_4Na_2. Après avoir chassé le solvant on rectifie sous vide; on obtient les fractions suivantes : (I) 90 g, $É_{25}$ 80-160°; (II) 3 g, $É_{25}$ 160-220°; (III) 66 g, $É_{25}$ 220-230°; (IV) 7 g de résidu.

La fraction (I), lavée à la soude aqueuse, permet d'isoler 9,5 g d'acide benzoïque; la partie non saponifiable est constituée presque exclusivement par de l'acétophénone récupérée : 76 g. La fraction (III) se solidifie au fur et à mesure de la rectification; c'est du *dibenzoylméthane* pratiquement pur : F : 76°-78° (en accord avec les publications) (5). Rendement par rapport à l'acétophénone disparue : 79 % ; par rapport au chlorure de benzoyle employé : 60 %. Le résidu (IV), recristallisé dans l'alcool, est du tribenzoylméthane (6), F 231°-233°.

2. *α Benzoylcyclohexanone* $C_{13}H_{14}O_2$. — Claisen l'a obtenu avec de très faibles rendements par condensation de la cyclohexanone et du benzoate d'éthyle (1). L'emploi de NH_2Na et du chlorure de benzoyle n'a donné à Bauer que des rendements de l'ordre de 10 % ; aussi cet auteur a-t-il utilisé une autre méthode (7) plus longue où il passe par l'acide ε benzoylcaproïque (toutefois le rendement en dicétone n'est pas précisé).

Avec le *t*-amylate de Na, on opère comme dans l'exemple précédent; cependant, lors de la reprise à l'eau chlorhydrique, il faut agiter vigoureusement pour décomposer l'énol sodé jaune. De plus, on ne tombe pas ici sur un corps pur, mais sur le mélange dicétone-énol.

A partir de 98 g de cyclohexanone et de 70 g de chlorure de benzoyle, on isole un mélange de dicétone et de son énol (55 g passant à $É_{15}$ 180-200°). Ce mélange abandonné pendant quelques jours se solidifie; après essorage, on obtient 45 g de dicétone pure F 92-93°, soit un rendement de 45 %.

3. *α-Acétylcyclohexanone* $C_8H_{12}O_2$. — A partir de 98 g de cyclohexanone et de 40 g de chlorure d'acétyle, on isole 28 g d'α-acétylcyclohexanone $É_{14}$ 106-108°; Rdt 40 % par rapport au chlorure d'acide. Semi-carbazone : F 161°, constantes cadrant avec celles de Leser (8) qui a obtenu cette dicétone par action de Na sur le mélange cyclohexanone + chlorure d'acétyle (rendement non donné).

---

(5) *Org. Synth.*, 1, 205 et 1940, 20, p. 32.

(6) WEYGAND, *Ber.*, 61, 1928, p. 687.

(7) *Ann. Chim. Phys.*, (9), 1, 1914, p. 406.

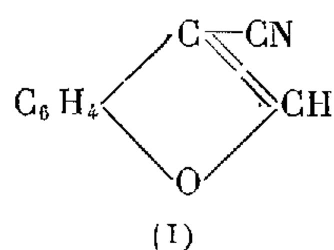
(8) *Ann. Chim. Phys.*, (8), 26, 1912, p. 227.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude des acylcoumarones et de leurs dérivés azotés.* II. *Synthèse et réactivité des β-benzofuryl-alcoyl-cétones et des imines correspondantes.* Note de M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Marcel Delépine.

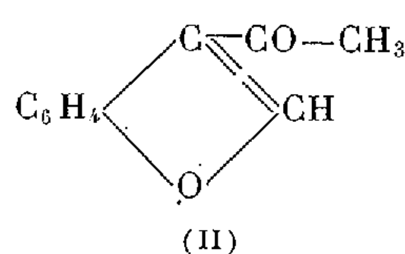
Synthèse de β-benzofuryl-méthyl-cétone, de β-benzofuryl-éthyl-cétone et de β-benzofuryl-ter. butyl-cétimine. Tandis que les deux premiers corps réagissent normalement avec l'hydroxylamine, la semicarbazide, etc., en donnant des oximes, des semicarbazones, etc., l'imine ter. butylique fournit avec ces réactifs des produits d'addition. Cette imine, isolée sous deux variétés (monomérique et dimérique), n'a pu être hydrolysée en cétone.

Aucun dérivé β-acylé de la coumarone (ou imine correspondante) ne semble avoir été décrit. J'ai entrepris leur synthèse en vue d'une étude comparative devant compléter les recherches spectrales ([1]) et chimiques ([2]) effectuées dans la série α.

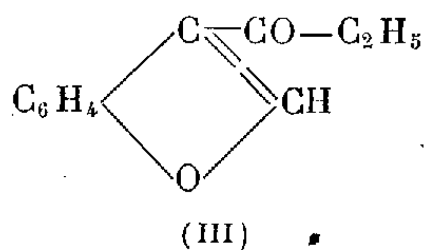
Le point de départ a été le β-cyano-benzofuranne (I), produit également inconnu, que j'ai préparé avec un excellent rendement par action du cyanure cuivreux sur le dérivé bromé correspondant. La condensation de ce nitrile avec $CH_3—Mg—I$, $C_2H_5—Mg—Br$ et $(CH_3)^3≡C—Mg—Cl$ a conduit respectivement à la β-benzofuryl-méthyl-cétone (II), à la β-benzofuryl-éthyl-cétone (III) et à la β-benzofuryl-ter. butyl-cétimine (IV) :



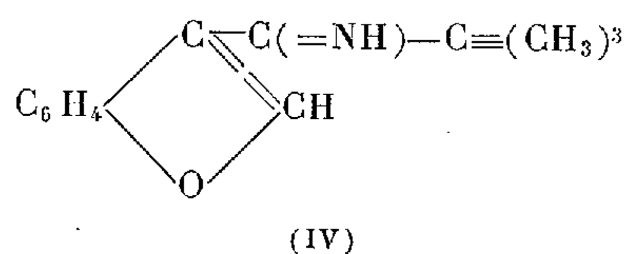
(I)



(II)



(III)



(IV)

L'imine résultant de l'action de $CH_3—Mg—I$ est instable; au cours de l'hydrolyse elle se résinifie en partie. La cétone (II) réagit normalement avec l'hydroxylamine et la semicarbazide en donnant une oxime et une semicarbazone. Cette dernière a pu être obtenue sous les deux formes stéréoisomériques. La cétimine correspondant à (III) n'a pas, non plus, été isolée. Moins résinifiable que son homologue inférieur, elle s'hydrolyse, au cours du

([1]) Mme P. Ramart-Lucas et M. Martynoff, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 517.

([2]) M. Martynoff, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2454.

traitement du complexe magnésien, en cétone, laquelle fournit aisément une oxime et une semicarbazone. Par contre, l'imine ter.butylique (IV) est extrêmement stable; elle résiste à l'action de ClH bouillant et ne donne avec les réactifs du groupe =C=NH (hydroxylamine, etc.) que des produits d'addition. Elle se condense d'ailleurs sur elle-même en produisant un dimère stable qui se dépolymérise sous l'action de ClH ou des solvants polaires tels que l'acide acétique ou l'alcool.

(I) β-*cyano-benzofuranne* : C_9H_5ON. — Un mélange de β-bromo-benzofuranne, de CNCu et de pyridine est chauffé, pendant 18 h, à 215-240°. La masse réactionnelle est traitée à l'ammoniaque et épuisée au benzène. L'entraînement à la vapeur d'eau fournit le nitrile pur avec un rendement de 82 %. Cristaux blancs F 93° (cyclohexane). Trouvé % : C 75,55; H 3,54; N 9,68; P. M. (benzène) 143. Calculé : 75,52; 3,49 et 9,79. P. M. 143. Du résidu non entraînable on retire des traces d'un polymère peu soluble F 215° (toluène). Trouvé % : C 75,58; H 3,64; N 9,91. Le P. M. n'a pu être déterminé en raison de la très faible solubilité.

(II) β-*benzofuryl-méthyl-cétone* : $C_{10}H_8O_2$. — Par action d'un excès de CH_3—Mg—I sur le β-cyano-benzofuranne (I), en solution éthérée. La décomposition du complexe à l'aide d'une solution de $ClNH_4$ fournit une huile incristallisable qui ne peut être distillée sans subir une résinification complète. Avec ClH dilué, à basse température, on obtient à côté de la résine une huile jaunâtre E_{14} 120-135° formée par la cétone impure et cristallisant en partie (F 36°). *Oxime* : $C_{10}H_9O_2N$. Cristaux incolores F 148° (alcool). Trouvé % : C 68,26; H 5,30; N 7,96. Calculé : 68,56; 5,14 et 8,00. *Semicarbazones* : $C_{11}H_{11}O_2N_3$. Les deux stéréoisomères F 252 et 230° ont été séparés dans l'alcool. Le premier, le moins soluble, s'y dépose en gros cristaux brillants. Trouvé % : C 60,50; H 5,09; N 19,57. Calculé : 60,86; 5,06 et 19,35. Le second précipite en cristaux plus fins. Trouvé % : N 19,63.

(III) β-*benzofuryl-éthyl-cétone* : $C_{11}H_{10}O_2$. — Par action d'un excès de C_2H_5-Mg-Br sur le nitrile (I), dans l'éther. L'imine formée s'hydrolyse avec une grande facilité, déjà sous l'influence de l'eau glacée, et ne peut être isolée. La cétone (III), à laquelle elle donne naissance, cristallise dans le cyclohexane en feuillets F 73°; $É_{15}$ 152°. Trouvé % : C 75,83; H 5,80. Calculé : 75,86 et 5,74. *Oxime* : $C_{11}H_{11}O_2N$. Cristaux incolores F 97° (éther de pétrole). Trouvé % : N 7,24. Calculé : 7,41. *Semicarbazone* : $C_{12}H_{13}O_2N_3$. Cristaux blancs F 193° (alcool). Trouvé % : N 18,40. Calculé 18,18.

(IV) β-*benzofuryl-ter. butyl-cétimine* : $C_{13}H_{15}ON$. — Par condensation du nitrile (I) avec un excès de $(CH_3)^3 \equiv C - Mg - Cl$, en milieu éthéré. La décomposition du complexe par une solution de $ClNH_4$ conduit à un mélange de deux imines $F_{inst.}$ 120 et 175° environ (fusions peu nettes) qu'on sépare par cristallisation dans le cyclohexane. Leurs proportions respectives dépendent de

la durée du chauffage et de l'excès du magnésien employé. Trouvé % (F 120°) : C 77,79; H 7,63; N 7,15. Trouvé % (F 175°) : C 77,70; H 7,61; N 7,01. Calculé : 77,61; 7,46 et 6,97. Les mesures cryoscopiques dans le benzène montrent que l'imine F 175° est le dimère de l'imine F 120°; on trouve respectivement les P. M. 398 et 204. Calculé : 402 et 201. Ces imines insolubles dans ClH sont très stables. Il n'a pas été possible de les hydrolyser en cétone ni d'en obtenir des dérivés tels que l'oxime, la semicarbazone, etc. Les réactifs du groupe =C=NH sont fixés sans qu'il y ait départ de NH_3. C'est ainsi que le chlorhydrate d'*hydroxylamine* donne avec l'une ou l'autre des imines le produit d'addition $C_{13}H_{15}ON + NH_2OH$, aiguilles incolores F 248° (alcool). Trouvé % : C 66,44; H 7,00; N 12,10. Calculé : 66,66; 7,69 et 11,96. Avec l'*O-benzylhydroxylamine* on obtient des cristaux blancs F 138° (éther de pétrole). Trouvé % : C 74,00; H 7,57; N 8,65. Calculé pour $C_{13}H_{15}ON + NH_2OC_7H_7$: 74,07; 7,40 et 8,64. Enfin la *phénylhydrazine* conduit à un produit F 202°. Trouvé % : N 13,71. Calculé pour $C_{13}H_{15}ON + C_6H_5NH - NH_2$: 13,59. La structure de ces combinaisons est à l'étude.

MINÉRALOGIE. — *Synthèse simultanée de la domeykite cubique et de la domeykite hexagonale, en milieu liquide et à la pression ordinaire.* Note de MM. **René Weil** et **Raymond Hocart**, présentée par M. Charles Mauguin.

La domeykite cubique Cu_3As, accompagnée de domeykite hexagonale, s'obtient par union directe de l'arsenic et du cuivre, à 154° dans la glycérine, à la pression ordinaire. Par contre, à la même température, l'orpiment réagissant sur le cuivre produit la domeykite hexagonale seule.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons signalé la formation de la domeykite hexagonale par réaction de l'orpiment sur le cuivre, en présence de glycérine à 250°. Nous avons tenté d'effectuer la synthèse de la domeykite et des autres arséniures de cuivre à partir de l'union directe des corps simples dans la glycérine, dans diverses proportions et à deux températures différentes : au-dessus et au-dessous de la température de transformation monotrope de la domeykite indiquée par Steenberg ([2]) : phase cubique → phase hexagonale à 225°. D'autre part, nous avons repris les essais de formation de domeykite hexagonale à partir de cuivre et d'orpiment mais à température inférieure à 225°.

1° En présence de glycérine, l'arsenic est susceptible de se combiner directement avec le cuivre. (Nous nous sommes servi d'arsenic natif

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 559.

([2]) *Ark. f. Kemi. Min. o. Geol.*, Bd. 12 A, n° 26, 1938, p. 1-15.

de Sainte-Marie-aux-Mines, sublimé et pulvérisé). Trois essais dans les proportions : 3 Cu, 6 Cu, 9 Cu pour 1 As (correspondant aux 3 espèces : domeykite Cu_3As, algodonite Cu_6As et whitneyite Cu_9As), ont été portés à 236° pendant 84 h pour le premier, 134 h pour les deux autres et 3 essais identiques ont été faits à 154° pendant 282 h tous trois (dans les 2 essais avec 9 Cu, une partie de la tournure avait été remplacée par un cylindre de cuivre pur de 10 mm de hauteur et 9 mm de diamètre).

Tout l'arsenic n'est pas entré en réaction mais la tournure et les cylindres ont été très nettement corrodés et recouverts d'une couche pouvant atteindre 1 mm d'épaisseur, gris d'acier, très adhérente, de domeykite hexagonale dans les essais à 236°; en revanche, on obtient de la domeykite *cubique*, accompagnée de domeykite hexagonale dans les essais à 154°. (Il s'est trouvé que la phase cubique était prédominante dans l'essai 3 Cu.)

La domeykite cubique a pour paramètre d'après les radiogrammes Debye-Scherrer

$$a_0 = 9{,}67\ \text{Å} \qquad (\lambda\, K_\alpha\, Cu = 1{,}5418\ \text{Å})$$

peu différent du paramètre de la domeykite naturelle de Paracatas (Mexique) — Échantillon 80-1 de la Collection de Minéralogie de l'Université de Strasbourg — que nous avons trouvé égal à 9,60 Å et de celui donné par Steenberg, $9{,}59_2$ Å.

Nous pensons que cette dimension de maille est à adopter, de préférence à celle 19,19 Å donnée par Machatschki [3]; en effet, dans notre étude, ce sont des raies de la domeykite hexagonale qui conduiraient à doubler le paramètre $a_0 = 9{,}67$ Å.

Une certaine quantité de domeykite hexagonale est donc parfois présente dans l'espèce minérale naturelle et correspond vraisemblablement à la substance, douée d'un pouvoir réflecteur différent de celui de la domeykite cubique, qui s'y trouve intercalée selon Machatschki.

La température de 225° (Steenberg) pour la transformation de la domeykite cubique en domeykite hexagonale ne se rapporte pas à la domeykite formée dans les conditions décrites ici. (On peut remarquer que Steenberg ne parle pas d'essais à plus basse température, ni d'essais de durée variable à 225°; il se peut que cette transformation non réversible s'effectue très lentement à des températures inférieures à 225°). Les essais suivants montrent également que cette valeur numérique dépend des conditions de formation de la domeykite.

2° Trois mélanges dans les proportions : 12 Cu, 15 Cu, 21 Cu pour 1 As_2S_3 (l'excès de cuivre par rapport aux essais précédents étant destiné à se

---

(3) *Centralbl. f. Min. Geol. u. Paläont.* Abt. A, 1930, p. 19-37.

combiner éventuellement au soufre) ont été chauffés à 154° dans les conditions décrites dans la Communication antérieure, les deux premiers pendant 264 h, le troisième durant 185 h. Des essais témoins identiques mais de durée moindre (environ 90 h) ont été effectués à 236°.

Les résultats ont été les mêmes dans ces six essais : il y a production de domeykite hexagonale seule. Les cristaux de domeykite obtenus à basse température forment des dendrites, rappelant les étoiles de neige mais avec une direction d'allongement prédominante et simulant des dendrites d'octaèdres cubiques, implantées sur la tournure de cuivre et atteignant 1 mm de longueur. Ceux formés à haute température sont plus capillaires, comme nous l'avons déjà décrit. Aucun sulfure de cuivre ne se manifeste dans les radiogrammes et nous n'avons pas décelé d'autres arséniures ou sulfoarséniures de cuivre.

La pression et les températures élevées ne sont donc pas indispensables pour réaliser la synthèse de la domeykite cubique, pas plus que la fusion ou la sublimation pour réaliser celle de la domeykite hexagonale.

La formation de la domeykite cubique ou hexagonale, à la même température de 154° suivant le procédé utilisé, est un exemple de plus montrant l'importance des conditions opératoires dans l'obtention des espèces polymorphiques.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles découvertes de tonstein dans le bassin houiller du Nord de la France.* Note de M. **Jacques Chalard**, transmise par M. Pierre Pruvost.

J'ai signalé récemment [1] la découverte, dans le bassin houiller du Nord de la France, de deux tonstein, minces lits d'argile durcie, caractérisés par la présence de leverriérite, et analogues à ceux qui ont été étudiés naguère dans la Sarre par M. P. Pruvost [2].

D'autres découvertes, intervenues depuis, portent maintenant à *sept* le nombre des tonstein connus dans le bassin du Nord. Le premier se place à la partie supérieure du Westphalien B, les six autres dans le Westphalien C. Ils ont tous été trouvés dans des veines de charbon ou en liaison intime avec elles, et il semble qu'ils doivent être considérés dans tous les cas comme faisant partie intégrante de la veine et non pas comme appartenant à son toit ou à son mur.

---

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1502 et *C. R. IIIe Congrès strat. carb. Heerlen*, juin 1951 (à l'impression).

(2) *Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine*, III, *Description géologique*, Lille, 1935, p. 19-31.

Ce sont en allant de bas en haut :

1° *le tonstein de Pouilleuse*, de 2 cm d'épaisseur seulement, intercalé dans la veine Pouilleuse du puits Cuvinot, à 20 m sous le niveau marin de Rimbert;

2° *le tonstein de la veine 4 bis*, situé à 100 m au-dessus de Rimbert, au toit d'une veine de charbon ou en intercalation dans celle-ci. Il a été précédemment décrit, mais il convient de signaler que son épaisseur atteint généralement 20 cm et non pas 10 cm seulement comme il semblait résulter des premières observations;

3° *le tonstein d'Alexandre*, à 250 m au-dessus de Rimbert, en intercalation à proximité du toit dans le charbon de la veine Alexandre du puits Cuvinot (14e veine du puits Thiers). Brun, à grain fin, à cassure conchoïdale, il contient quelques mouchetures de pyrite et mesure de 6 à 8 cm d'épaisseur. Au microscope, il montre de la leverriérite typique;

4° et 5° *les deux tonstein satellites*, minces niveaux de 2 à 3 cm seulement d'épaisseur que l'on rencontre toujours dans les 10 m de terrain sous-jacents au tonstein bicolore, soit en intercalation dans une veine de charbon à proximité du mur, soit au toit d'une passée inférieure. Au microscope, ils montrent le plus souvent une structure à « kaolin en boules » dans laquelle sont disséminés des cristaux de leverriérite;

6° *le tonstein bicolore*, déjà décrit, à 480 m au-dessus de Rimbert;

7° *le tonstein d'Ernestine*, à 600 m au-dessus de Rimbert, en intercalation dans la veine n° 9 du puits Crespin (24e veine du puits Thiers). C'est un banc de 5 à 10 cm d'épaisseur d'une roche très foncée à éclat un peu gras et à rayure brune, paraissant riche en matière organique et contenant des filets charbonneux et des mouchetures de pyrite. Très difficile à identifier à l'œil nu, la roche se révèle, par contre, extrêmement caractéristique au microscope : elle est formée en presque totalité de cristaux de leverriérite de grande taille.

Les niveaux de tonstein, minces et fidèles, faciles à distinguer les uns des autres par leurs simples caractères macroscopiques, constituent, par leur extension et leur continuité, des horizons-repères de choix. Ils sont d'ores et déjà utilisés dans le bassin houiller du Nord pour élucider la structure de détail, parfois assez complexe, du gisement de certains puits; mais on pourra peut-être également les employer, concurremment avec les horizons marins, pour assurer, sur toute l'étendue du Bassin, les corrélations à plus longue distance.

BOTANIQUE. — *La notion d'hélice foliaire devant l'expérimentation.* Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Roger Heim.

L'expérimentation, aussi bien physiologique (alimentation) que morphologique (chirurgie), détermine des modifications de la croissance qui confirment la réalité des hélices foliaires multiples et l'existence d'un centre générateur à la tête de chaque hélice foliaire, dans le point végétatif des Angiospermes.

En morphologie, l'expérimentation a un rôle essentiel à jouer; car d'une hypothèse vraisemblable, elle seule peut faire une vérité.

En quoi l'expérimentation peut-elle intervenir, à propos de la *théorie des hélices foliaires multiples* ? Une hélice foliaire comporte une partie adulte constituée par des feuilles anciennes, une partie où des feuilles de plus en plus jeunes conduisent au point végétatif terminant la tige feuillée que son activité construit. Un secteur *précis* de ce point végétatif, en *contiguïté* avec la plus jeune feuille de l'hélice, constitue le *centre générateur* de cette hélice. C'est la notion de centre générateur, ainsi imposée par la théorie, qui doit être soumise à l'expérimentation. Celle-ci doit viser à montrer la réalité du centre générateur, son lien avec l'hélice foliaire qu'il édifie. La *variation expérimentale du nombre* des hélices foliaires, l'*arrêt de développement* de l'hélice privée de centre générateur, l'*isolement* des centres générateurs d'un point végétatif, et, comme conséquence, l'isolement des hélices foliaires, sont les premiers buts à atteindre. Tous ont été dès maintenant atteints et je n'ai guère eu qu'à vérifier et coordonner des faits établis.

L'expérimentation peut être indirecte (physiologique) ou directe (morphologique = chirurgicale).

I. *L'expérimentation indirecte*, en modifiant la nutrition d'un point végétatif, peut modifier le nombre des hélices foliaires.

A. *Diminution du nombre des hélices foliaires.* — Elle est réalisable si l'on agit sur le régime hydrique des plantes. C'est sur les Cactées à côtes (1 côte est 1 hélice foliaire matérialisée) que le fait est le plus net. Un Cierge à 5 côtes perd 1 ou même 2 de ses côtes, 4 ou 5 mois après modification du régime hydrique. Au-dessus de la dernière aréole, la côte s'atténue et prend fin; les côtes restantes se distribuent régulièrement autour de l'axe.

B. *Augmentation du nombre des hélices foliaires.* — La reprise d'arrosages suffisants restaure le nombre de côtes normal chez les plantes préparées précédemment. Les phénomènes de taille augmentent le nombre d'hélices des végétaux ligneux : la plupart des variétés de Lilas développent des rejets à feuilles opposées (2 hélices foliaires) comme les tiges normales;

le recépage, qui augmente la nutrition des bourgeons de la souche, entraîne toujours le développement d'un nombre important de rejets à feuilles verticillées par 3 (3 hélices foliaires).

II. *L'expérimentation directe* est représentée par de nombreuses opérations chirurgicales sur les points végétatifs (M. et R. Snow, L. Cuénod, E. Ball, C. W. Wardlaw). L'œuvre de M. et R. Snow, poursuivie avec une admirable continuité depuis 30 ans, a enrichi nos connaissances d'un nombre considérable de faits. J'interprète ces faits autrement que ceux qui les ont établis. Souvent difficiles à expliquer sans le recours à la théorie des hélices foliaires multiples, ils sont en faveur de celle-ci.

a. Fendant longitudinalement un point végétatif d'*Epilobium hirsutum* L. (feuilles *opposées* décussées), les auteurs ([1]) obtiennent principalement 2 sortes de résultats : 1° l'une des moitiés du point végétatif seulement continue son développement, donnant une tige où les feuilles ont la *disposition spiralée* ; 2° chacune des moitiés se développe en 1 tige; les 2 tiges, tangentes, offrent la disposition spiralée. Dans le premier cas, l'opération, détruisant l'un des 2 centres générateurs, a isolé celui de la seconde hélice foliaire ; celle-ci s'est développée seule, sur une tige équivalant à la moitié de la tige normale. Elle révèle la disposition phyllotaxique propre à l'hélice foliaire. Dans le second cas, les 2 centres générateurs et, par suite, les 2 hélices foliaires, ont été isolés : la croissance du point végétatif fendu a donné 2 tiges à 1 hélice foliaire et non 1 tige à 2 hélices foliaires.

Dans le cas de plantes à disposition *spiralée* (*Lupinus albus* L.), les résultats ([2]) sont les mêmes : isolement d'une hélice par suppression de la seconde; isolement sur 2 tiges parallèles des 2 hélices foliaires constituant la tige normale. J'ai personnellement revu les mêmes faits sur les tiges plagiotropes à phyllotaxie *distique* du Lierre (*Hedera helix* L.).

Les expériences chirurgicales fondamentales sur les points végétatifs confirment ainsi l'existence habituelle de 2 *hélices foliaires* chez les Dicotylédones, que leur disposition phyllotaxique soit spiralée ou verticillée.

b. Les expériences de *piqûre* pratiquées par M. et R. Snow ([3]) dans la zone du point végétatif que j'ai définie comme *anneau initial*, précisent des caractères des centres générateurs. Piquant le point où devra se former le prochain primordium foliaire, on obtient parfois, en même temps que 2 feuilles plus ou moins soudées sur l'emplacement piqué, la réalisation ultérieure d'une phyllotaxie à 3 hélices foliaires. Comme il a divisé la future

---

([1]) M. Snow et R. Snow, *Phil. Trans.*, B. 225, 1935, p. 63.

([2]) M. Snow et R. Snow, *Phil. Trans.*, B. 221, 1931, p. 1.

([3]) *Phil. Trans.*, B. 222, 1933, p. 353.

feuille, l'opérateur a divisé le centre générateur correspondant ; d'une tige à 2 hélices foliaires, il a fait une tige à 3 hélices foliaires.

Ces faits expérimentaux imposent la même conclusion : *réalité des hélices foliaires multiples* et du centre qui est à l'origine de chacune d'elles. Ils ont en commun d'être des démonstrations analytiques. Je puis dès maintenant annoncer que j'ai commencé de tenter la démonstration synthétique, visant à associer dans un point végétatif nouveau 2 parties de points végétatifs provenant de 2 individus différents, et que les résultats préliminaires sont encourageants.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Origine maternelle des principaux tissus et du plastème nourricier des galles larvaires d'*Adelges Abietis *Kalt. sur* Picea excelsa *Lk.* Note (*) de M. **Jean Meyer**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Peu avant la ponte, la fondatrice d'*Adelges Abietis* prépare le terrain cécidogène aux larves par une induction hyperplasiante et amylogène engendrant les plastèmes nourriciers secondaires, d'origine surtout épidermique, et des tissus amylacés de réserve. Dans les cavités larvaires précocement ébauchées, le plastème nourricier évolue, sous l'action des larves, vers un tissu nourricier à mitochondries dispersées.

Dans une Note précédente ([1]) j'avais décrit la formation du tissu nourricier de la fondatrice d'*Adelges Abietis* et insisté sur son origine primaire par métaplasie. Nous allons voir que le tissu nourricier larvaire est d'origine secondaire par hyperplasie.

En effet, vers la fin de la vie de la fondatrice et peu avant la ponte (mi-avril), une nouvelle évolution cytologique et histologique se fait jour. L'amylogenèse et les proliférations mitotiques, qui avaient été inhibées jusque-là par le parasite dans les bases foliaires et dans l'écorce correspondante, entrent maintenant en pleine activité. A ces phénomènes, viendra s'ajouter ultérieurement celui d'une croissance différentielle. Il résulte de l'ensemble de ces phénomènes des ébauches précoces de cavités larvaires entre les bases foliaires, s'échelonnant bien au delà des régions de succion de la fondatrice. On y distingue, déjà avant la migration des larves, la préfiguration des principaux tissus des futures galles larvaires : 1° les plastèmes nourriciers formés de cellules jeunes tapissant les cavités; 2° les tissus de réserves amylacées sous-jacents aux plastèmes nourriciers et s'élevant également dans toute l'écorce correspondante; 3° les ébauches des tissus des lèvres ostiolaires se différenciant aux dépens des régions

(*) Séance du 8 octobre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 631.

distales affectées des limbes dont les cellules s'hypertrophient en formant de grandes vacuoles riches en tannin.

L'étude de l'origine et de l'évolution des plastèmes nourriciers localisés entre les bases foliaires est particulièrement intéressante. Elle nous permettra d'ailleurs d'en justifier la dénomination. Alors que la région affectée de l'écorce a perdu sa polarité normale de croissance, empêchant les élongations interfoliaires, il s'effectue, dans les couches épidermiques et sous-épidermiques tapissant les encoignures ainsi conservées entre les bases foliaires, une hyperplasie par cloisonnements périclinaux particulièrement accentuée. Il s'y forme des couches de cellules aplaties, subissant bientôt des recloisonnements anticlinaux. Les caractères cytologiques de ce tissu rappellent un méristème (rapport nucléoplasmatique élevé, gros noyau central, mitoses actives, richesse en chondriome indifférencié, paraplasme peu abondant). La cytologie de ce tissu s'écarte cependant de celle d'un méristème typique, d'une part par la présence, dans bon nombre de cellules, de petits amyloplastes, d'autre part par l'hypertrophie des nucléoles dont le diamètre peut atteindre 4 μ alors que celui d'un méristème primaire ne dépasse guère 3 μ environ. Nous avons vu, dans une Note antérieure ([2]), que l'hypertrophie nucléolaire était caractéristique des tissus nourriciers fonctionnels. C'est, en effet, au niveau d'un tel tissu, que viendront émigrer les larves, et c'est dans ce tissu, d'origine secondaire et surtout épidermique, que s'exercera leur succion; il mérite donc bien la qualification de nourricier. Mais ce tissu jeune évoluera avec quelques modifications sous l'action de la succion larvaire. C'est bien à un « plastème » nourricier précocement ébauché que nous avions affaire dans la précédente description.

En effet, dans les coupes du 28 avril 1947, par exemple, les larves sont déjà en place. Les traces de succion larvaire, bien plus fines et plus courtes que celles de la fondatrice, sont déjà visibles. Elles ne pénètrent guère au delà des trois ou quatre assises cellulaires externes. Ces dernières ont évolué, sous l'action des larves, en suivant la croissance cellulaire généralisée des parois gallaires, donnant lieu à l'élargissement de la cavité larvaire. Les cellules s'étendent tangentiellement, les vacuoles augmentent de taille et diminuent en nombre, tout en se chargeant de tannin. Au niveau des succions, la quantité de tannin dans les cellules visées est parfois plus faible et permet de mieux voir l'aspect particulièrement divisé du chondriome, caractérisé surtout par de nombreuses mitochondries dispersées dans le cytoplasme et souvent associées en chondriomites. Cet aspect mitochondrial rappelle beaucoup celui du tissu nourricier adulte de *Perrisia Urticæ* et s'oppose, par contre, d'une manière inattendue, à celui du tissu

([2]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1333.

à chondriocontes flexueux périnucléaires de la fondatrice ([1]). Ce dernier a d'ailleurs subi, dès avant la ponte, l'influence de la phase amylogène et l'on voit les chondriocontes périnucléaires de ses cellules périphériques se transformer en amyloplastes.

L'ancien tissu nourricier maternel ne prend donc pas une part importante à la construction des galles larvaires : l'action cécidogène en faveur des larves s'effectue à distance. Que penser de ces précoces ébauches des tissus des galles larvaires s'échelonnant à la base des différentes feuilles sous l'action à distance de la fondatrice ? Devons-nous attribuer cette mosaïque d'ébauches de galles larvaires à une action différentielle de la fondatrice dans les diverses régions ? Ou faut-il plutôt l'attribuer à des différences initiales dans les propriétés des tissus tapissant ou non le fond des espaces interfoliaires et réagissant différemment à une même action cécidogène générale, le tout concourant vers la nidification ?

Problème que nous ne saurions aborder encore. Néanmoins, les faits observés, en montrant un cécidozoaire préparer non seulement son propre tissu nourricier, mais encore des galles futures, révèlent une coaptation curieuse de la réactivité de la plante au cycle évolutif du parasite ([3]).

PHYTOPATHOLOGIE. — *Action de l'ester éthylique du 2-4 D sur le développement de* Claviceps purpurea *dans les champs de Blé*. Note de MM. **Robert Longchamp**, **Michel Roy** et **Roger Gautheret**, présentée par M. Roger Heim.

Le désherbage à l'aide de préparations à base d'ester éthylique du 2-4 D peut favoriser l'infestation des champs de Blé par le *Claviceps purpurea*.

On sait que certains produits employés pour le désherbage des champs de Céréales notamment l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique (2-4 D) renforcent quelquefois les attaques de certains champignons parasites tels que *Cladosporium herbarum* et *Puccinia graminis* ([1]).

Au cours des études sur le désherbage que nous avons entreprises avec le concours de l'Institut National de la Recherche Agronomique et de l'Association générale des Producteurs de Blé, nous avons constaté des phénomènes de ce type sur des Céréales traitées par de l'ester éthylique du 2-4 D.

C'est ainsi que, dans un essai sur quelques variétés de Blés d'hiver

---

([3]) Travail effectué avec la collaboration technique de M. Charles Schmitt, à l'Institut de Botanique de Strasbourg.

([1]) R. Longchamp et R.-J. Gautheret, *Ann. Agron.*, 19e, année, 1949 p. 380-410.

réalisé en 1949-1950 à Villaines-sous-Bois, l'ester éthylique du 2-4 D appliqué à des doses allant de 2 à 10 kg : ha provoqua une aggravation remarquable des attaques de Rouille noire. L'envahissement des parcelles traitées par ce produit était si important qu'on pouvait les reconnaître à plus d'une centaine de mètres.

Au cours de nouvelles expériences entreprises en 1950-1951, nous avons réalisé des observations analogues qui concernaient cette fois l'Ergot des Céréales (*Claviceps purpurea*) qui, comme on le sait, peut se développer accidentellement sur le Blé.

Les plus précises de ces observations furent faites à Rethel sur 10 variétés de Blés d'hiver (Étoile de Choisy, Vilmorin 23, Vilmorin 27, Hybride de Lobau, Bellevue, Président Riverain, Évolution, Hauters II, Reims, Bastard de Rimpau). Cet essai était destiné à comparer le comportement des Céréales à l'égard du sel de sodium et de l'ester éthylique du 2-4 D employés à des doses de l'ordre de 2,5 et 10 kg : ha. Il portait en tout sur 240 parcelles de 4 m^2. Les applications des produits désherbants furent faites à divers stades du développement des Céréales allant du début de la montaison jusqu'au moment de l'épiaison. Certaines parcelles destinées à servir de témoins ne subirent aucun traitement.

En parcourant le champ d'essai à l'époque de la maturité, nous avons constaté la présence d'Ergot dans de nombreuses parcelles ayant été traitées par l'ester éthylique du 2-4 D. Cette action de l'ester éthylique sur le développement de l'Ergot ne s'est pas manifestée en toutes circonstances. Les Blés traités au début de la montaison n'ont pas été atteints par le Champignon. Par contre, les traitements réalisés tardivement, au cours de la montaison, ont provoqué l'apparition d'Ergot dans toutes les variétés. Enfin, les applications pratiquées au moment de l'épiaison n'ont déterminé aucun développement d'Ergot.

L'importance de l'invasion était à peu près semblable pour toutes les doses, mais, par contre, elle différait selon les variétés. C'est ainsi que les Blés Bastard de Rimpau, Évolution et Vilmorin 23 subirent une attaque plus sévère que les autres variétés.

Dans le cas du Blé Vilmorin 23 la fréquence de l'Ergot fut particulièrement grande et, dans une parcelle de 4 m^2 nous avons dénombré 15 épis infestés qui portaient chacun de 1 à 6 sclérotes.

Ce remarquable développement de l'Ergot fut incontestablement déterminé par l'ester éthylique du 2-4 D, car nous n'avons observé d'attaques d'Ergot ni dans les témoins, ni dans les parcelles traitées par le sel de sodium.

Il ne s'agit pas là d'une observation isolée. Dans d'autres champs d'essais

situés à Gif, Ablis (Seine-et-Oise) et à Morville-sur-Seille (Meurthe-et-Moselle), nous avons également constaté la présence de *Claviceps* dans des parcelles de Blés Vilmorin 23, Bastard de Rimpau, Étoile de Choisy et Fylgia, traitées par l'ester éthylique du 2-4 D. Enfin, plusieurs cultivateurs de la région de Seigneley (Yonne) ont signalé l'apparition d'Ergot dans des champs de Blés désherbés à l'aide d'une préparation à base d'ester (²).

Nous pensons que l'ester n'a pas été le seul facteur ayant déterminé le développement de l'Ergot, mais que son action a été favorisée par les conditions climatiques de l'été 1951, notamment par l'humidité.

Les diverses observations qui viennent d'être résumées ne présentent en elles-mêmes qu'un intérêt limité. Notre but en les mentionnant est surtout de souligner que l'emploi de l'ester éthylique du 2.4-D pour le désherbage des Céréales risque d'augmenter notablement la proportion d'Ergot dans les Blés livrés par l'Agriculture.

ANATOMIE COMPARÉE. — *La dentition temporaire, dite lactéale, de la Roussette* (Rousettus leachi *A. Sm.*), *Chiroptère frugivore.* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

La dentition temporaire du genre *Rousettus,* qui était, jusqu'ici, inconnue, est plus régressée encore que celle des Chiroptères insectivores : elle comporte une seule molaire, Mt2; à la mâchoire supérieure, les dents, en forme de crochets simples et aigus, montrent, par leur position, le rôle qu'elles jouent, durant les premiers mois de la vie, alors que le jeune demeure accroché à la fourrure de sa mère.

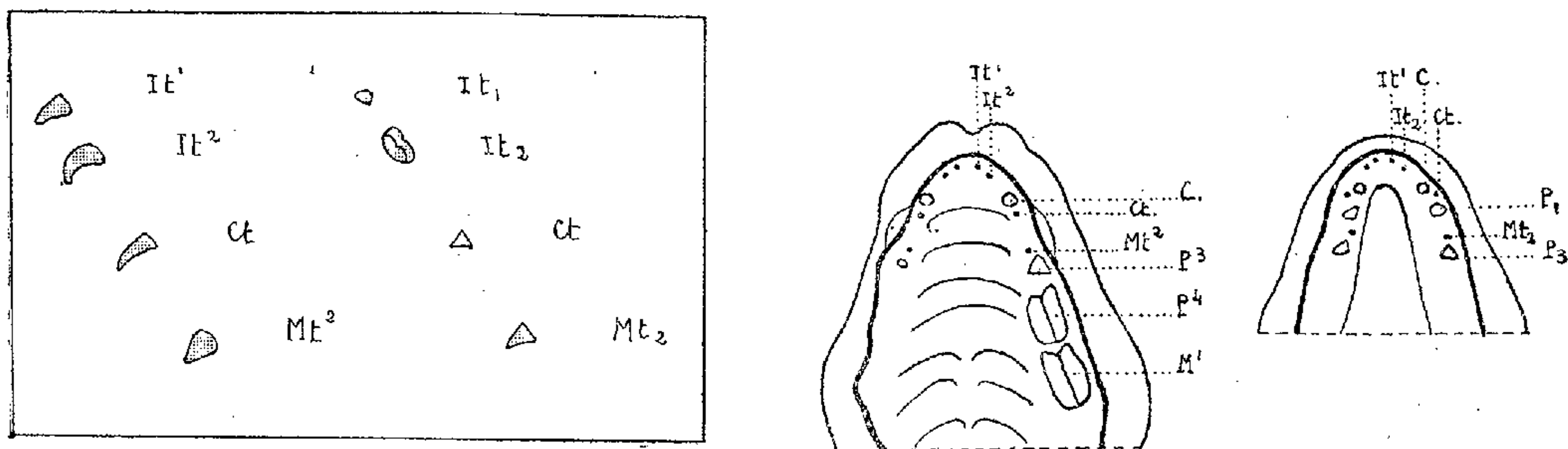
Quelques auteurs se sont intéressés à la dentition temporaire des Chiroptères; citons : W. Leche (1877), O. Thomas (1908), F. Spillmann (1927), J. Dorst (1949) et L. Harrison Matthews (1950). Ce que nous savons de plus précis, au sujet de cette dentition, chez les Mégachiroptères, se rapporte aux travaux de W. Leche, déjà anciens, et à une figure de F. Spillmann, qui représente le crâne d'un jeune *Pteropus edulis* Herm., bien que la formule dentaire, non indiquée par l'auteur, soit difficile à établir d'après ce dessin.

A l'Institut Tornblad d'Embryologie comparée de l'Université de Lund, j'ai eu à ma disposition, grâce à M. le Professeur G. Glimstedt, d'excellents spécimens, fœtus et jeunes, d'une grande Chauve-Souris frugivore, *Rousettus leachi* A. Sm., provenant d'Afrique centrale. Ces

(²) L'une de ces observations a fait l'objet d'un article publié dans « l'Yonne agricole » par M. Michet, Directeur des Services agricoles de l'Yonne.

pièces permettent de préciser la formule et la morphologie des dents temporaires du genre *Rousettus*, qui étaient encore inconnues.

Formule dentaire temporaire. — 1. Chez le fœtus avancé, les incisives, que l'on admet être It1 et It2, ont fait éruption; les autres dents, canine (Ct) et molaire (Mt), sont indiquées sous la gencive.



Jeune *Rousettus leachi* A. Sm. tué en Afrique centrale, lors de l'Expédition suédoise de 1929-1930. Collections de l'Institut Tornblad d'Embryologie comparée (Université de Lund).

A droite, schéma des maxillaires supérieur (à gauche) et inférieur (à droite), pour montrer la dentition temporaire et la dentition définitive en voie d'évolution — It^1, It^2, Ct, Mt^2, It_1, It_2, Ct, Mt_2, dents temporaires; P^3, P^4, P_1, P_3, prémolaires; M^1, première molaire supérieure définitive. — A la mâchoire supérieure, du côté gauche, les dents jugales définitives ont été dégagées de la gencive. — 2 fois grandeur naturelle.

A gauche, schéma des dents temporaires. — (A gauche), dents supérieures du côté gauche. — (A droite), dents inférieures du côté droit. Très grossi.

2. Chez le jeune *Rousettus* (*fig.* 1), canine, puis incisives définitives font éruption en avant des dents temporaires correspondantes. La molaire de lait est difficile à déterminer : c'est la seule des quatre molaires originelles qui ait persisté. La formule prémolaire du genre *Rousettus* est, comme l'on sait : P1, P3, P4. Lorsque, chez le jeune, P1, puis P3 ont fait éruption, la molaire temporaire se trouve située entre ces deux dents, mais beaucoup plus près de P3 que de P1. En raison du mode d'éruption des dents définitives, en avant des lactéales, il s'agit certainement de Mt2, dont la prémolaire correspondante, P2, a disparu (bien qu'on puisse aussi interpréter cette dent comme Mt1). La formule dentaire temporaire du genre *Rousettus* serait donc : $It^1 It^2/It_1 It_2$, Ct/Ct, Mt^2/Mt_2. Ceci est intéressant, car O. Thomas, dont les travaux font autorité, supposait que les molaires temporaires des Chiroptères, au nombre de deux, au plus, étaient les deux dernières, Mt4 et Mt3. ce qui, avec évidence, n'est pas le cas ici.

Morphologie des dents temporaires. — A la mâchoire supérieure, les dents sont toutes en forme de crochets simples, de griffes même, et la canine n'est pas beaucoup plus forte que les autres; la pointe des couronnes, très aiguë, est dirigée vers la muqueuse palatine, de telle sorte que, lorsque

l'animal prend le sein de sa mère, il ne la blesse pas; mais, durant les premiers mois de la vie, quand il demeure accroché à la fourrure de sa mère (K. Andersen, 1913; L. Harrison Matthews, 1950), les dents supérieures ont certainement un rôle de préhension qui s'ajoute à celui des griffes des extrémités postérieures. Une observation comparable est relatée, d'ailleurs, par C. S. Tomes (1923), au sujet d'un Microchiroptère, le Vampire (*Desmodus*). Il est probable que, chez les Chauves-Souris, en général, les dents de lait supérieures, toujours en crochet simple, bifide ou trifide, jouent ce même rôle préhenseur.

A la mâchoire inférieure, les dents sont différenciées. L'incisive interne (It1), petite et pointue, est en forme de pyramide triangulaire. L'incisive externe (It2), large, est à deux crêtes bicuspidées, l'une externe, l'autre interne, séparées par un profond sillon; par sa forme, cette dent se rapproche quelque peu de la dernière prémolaire, molariforme, et des molaires définitives. La canine (Ct), assez forte, est pointue. La molaire (Mt2), aiguë, est en crochet.

En somme, les dents temporaires, ici, comme généralement chez les Chiroptères, sont très différentes des dents qui les remplaceront.

Conclusions. — La dentition temporaire du genre *Rousettus*, qui était inconnue, semble plus régressée encore que celle des Chiroptères insectivores. Elle comporte une seule molaire, Mt2; à la mâchoire supérieure, les dents, en forme de crochets simples et aigus, montrent, par leur position, le rôle qu'elles jouent, durant les premiers mois de la vie, alors que le jeune demeure accroché à la fourrure de sa mère.

BIOLOGIE ANIMALE. — *Rôle du canal hermaphrodite dans la régénération de la gonade chez* Arion rufus *L.* (*Mollusque arionidæ*). Note de M. **Pierre Laviolette**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les expériences de dissociation du complexe artère génitale-canal hermaphrodite au moment de la castration chez *Arion rufus* L. montrent que le canal hermaphrodite sectionné est seul capable de provoquer la formation d'un blastème de régénération à potentialité germinale. L'artère génitale n'intervient pas au cours de cette différentiation.

Chez *Arion rufus* L., le canal hermaphrodite à sa sortie de la gonade est étroitement accolé à l'artère qui pénètre dans la glande génitale. Chez des animaux âgés de quelques mois, le diamètre des deux conduits est de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre.

La castration entraîne obligatoirement la section simultanée des deux conduits, et l'unique blastème de régénération qui se forme après l'opération

se trouve en connexion avec les tissus des deux organes (1). Il est alors difficile de déterminer le rôle respectif de chacun des éléments dans la néoformation du tissu germinal. C'est en vue de préciser ces mécanismes que les expériences suivantes ont été réalisées. Elles consistent en diverses tentatives de dissociation plus ou moins poussée du complexe anatomique artère génitale-canal hermaphrodite au moment de la castration.

a. Sectionnement des deux organes à des niveaux différents. — Les deux canaux sont d'abord partiellement décollés l'un de l'autre à proximité de la glande génitale. L'ablation de la gonade est alors effectuée, l'artère étant réséquée à un niveau plus distal que le canal, ou inversement.

Une rétraction post-opératoire, particulièrement intense au niveau de l'artère, rapproche ultérieurement l'un de l'autre les deux bouts libres. De ce fait, il ne se forme, le plus souvent au cours de la régénération, qu'un unique nodule. Ce nodule est cependant différent de celui qu'on obtient après une castration banale, en ce sens que les territoires canal et artère sont ici plus ou moins nettement séparés. Dans les cas les plus favorables, on peut vérifier que les éléments germinaux régénérés n'apparaissent que dans la zone du blastème en rapport direct avec l'extrémité du canal hermaphrodite. Rien de tel, par contre, n'est décelable dans la région touchant à l'extrémité de l'artère génitale.

b. Séparation totale des deux organes. — Afin d'apporter au problème posé une solution plus rigoureuse, la séparation du canal hermaphrodite et de l'artère génitale a été poursuivie sur la totalité de leur trajet commun. Dans ces conditions, l'expérience conduit à l'obtention de deux blastèmes de régénération entièrement distincts, l'un à l'extrémité du canal, l'autre à l'extrémité de l'artère.

Le nodule artériel, qui reste en général libre, n'est, en fait, qu'un bourgeon cicatriciel de petite taille, oblitérant l'orifice du vaisseau. Les éléments conjonctifs fibreux y abondent, mais aucune cellule d'allure germinale n'y a jamais été rencontrée.

Par contre, le blastème formé à l'extrémité du canal hermaphrodite constitue le véritable nodule de régénération germinale. Il adhère généralement, d'une façon plus ou moins étroite, soit à un lobule hépatique, soit à la paroi stomacale, soit même au tégument. C'est dans l'épaisseur de ce massif tissulaire qu'on voit apparaître, après un délai de plusieurs semaines, les cellules germinales néoformées. La structure et l'évolution de ce régénérat ne diffèrent pas, en fait, de celles du blastème normal constitué à partir de l'artère et du canal hermaphrodite accolés.

---

(1) M. P. Laviolette, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1168.

On peut donc admettre que la présence ou l'absence des tissus de l'artère génitale est sans influence sur la destinée du régénérat.

Par ailleurs, aucun foyer de régénération germinale n'a jamais été constaté en dehors du canal hermaphrodite. C'est donc ce dernier élément anatomique qu'il faut considérer comme responsable de la différenciation du tissu germinal néoformé.

Des expériences de greffe, dont les résultats seront publiés dans une Note ultérieure, apportent d'ailleurs à cette conclusion une confirmation supplémentaire.

THÉRAPEUTIQUE. — *Le traitement de la morve équine en Iran.* Note de MM. **Soleyman Deyhimi** et **Amir Khatai**, présentée par M. Gaston Ramon.

Nous inspirant dans une certaine mesure des remarquables travaux de R. Legroux, nous avons, au cours de ces dernières années, effectué des recherches sur le traitement de la morve des Équidés en Iran.

La morve connaît, depuis très longtemps, en Iran, une grande extension, aussi bien chez les chevaux et les mulets de la population civile que chez ceux de l'Armée : 10 à 20 % des effectifs présentent, en effet, une réaction positive à la sollicitation malléinique. De plus, un certain nombre de ces sujets allergiques sont atteints de morve cliniquement exprimée, nasale ou cutanée. C'est dire l'intérêt qui s'attache à une thérapeutique efficace de la maladie.

En ces derniers temps, le traitement médical de la morve a réalisé de singuliers et remarquables progrès, grâce à l'emploi des sulfamides et de substances d'origine biologique utilisés seuls ou en association : Muntin (1), Sheng et Chu (2), Selvi et Payroc (3) chez l'homme; Legroux (4), Hu (5), Miller et ses collaborateurs (6), chez les animaux.

Nous avons expérimenté en Iran, depuis 1942, dans la lutte contre la morve des Équidés, soit clinique, soit latente, plusieurs produits, et notamment l'anamorve, la malléine et divers sulfamides. Ces agents biologiques et chimiques ont été employés, soit seuls, soit en synergie. Les meilleurs résultats nous ont été donnés par les associations suivantes :

(1) *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 51/49, 1943, p. 361.
(2) *Chinese J. of Animal Husbandry and Vet. Science*, 5, 1945, p. 58.
(3) *J. Amer. Med. Assoc.*, 142, 1950, p. 45.
(4) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 345,
(5) *Chinese J. of Animal Husbandry and Vet. Science*, 6, 1947, p. 27.
(6) *Amer. J. Hygiene*, 27, 1948, p. 205.

Sulfadiazine et anamorve (observations portant sur 38 chevaux et 18 mulets cliniquement morveux et 93 chevaux réagissant à la malléine, mais sans présenter de signes cliniques).

Sulfadiazine et malléine (2 cas aigus).

Sulfamézatine et anamorve (3 cas aigus).

Sulfamézatine et malléine (5 cas aigus).

La sulfadiazine est donnée par voie buccale, à la dose quotidienne de 25 g fractionnés en six fois, pendant 30 jours consécutifs. La sulfamézatine offre l'avantage de pouvoir être utilisée par voie buccale ou par voie musculaire ou intraveineuse. La posologie est sensiblement la même que celle de la sulfadiazine. L'anamorve est injectée par voie sous-cutanée : 5 cm³ tous les deux jours, jusqu'à cessation des réactions locales; puis repos de 10 jours et reprise des injections jusqu'à nouvelle cessation des réactions; celles-ci réapparaissent, en effet, mais moins intenses lorsqu'on reprend les injections. Deux séries de 5 à 6, puis de 3 à 4 injections suffisent, en général. La malléine est injectée, également par voie sous-cutanée, à raison de 1 cm³ chaque jour pendant un mois, en dilution dont la concentration croît progressivement de 1/1000 à 1/2. On peut, sans inconvénient, employer d'emblée la dilution au 1/50.

Chez les animaux, chevaux et mulets, atteints de morve clinique (nasale, cutanée ou à la fois nasale et cutanée), les associations médicamenteuses utilisées ont provoqué dans tous les cas, la régression et la guérison des lésions muqueuses et farcineuses, la disparition du jetage et des suppurations de la peau, le retour des ganglions à la normale, l'extinction des réactions à la malléine. Les signes cliniques disparaissent de la 2ᵉ à la 4ᵉ semaine. Les réactions allergiques cessent entre le 2ᵉ et le 20ᵉ mois, en moyenne vers le 6ᵉ mois, après la fin du traitement; ces délais semblent en relation avec l'ancienneté de la maladie. Au surplus, l'allergie s'efface plus rapidement lorsqu'on traite par la malléine.

Chez les animaux atteints de morve latente ou occulte dont témoigne uniquement la réaction positive à la malléine, les synergies médicamenteuses sus-indiquées et, en particulier, le traitement sulfadiazine-anamorve, aboutissent aux résultats les plus heureux. Instituée pendant 30 jours sur deux lots de 28 et de 65 chevaux provenant de deux unités différentes et présentant depuis plusieurs années des réactions malléiniques fortement positives, cette thérapeutique a permis de rendre, dans presque tous les cas, les réactions négatives en 6 à 10 mois. En aucun cas, les antigènes morveux n'ont déclenché l'apparition de signes cliniques.

Les animaux morveux (cliniques ou réagissants), ont été suivis plus d'un an, certains jusqu'à 3 ans, après la fin du traitement, sans qu'aucune rechute ou rédidive ait pu être décelée, ce qui prouve la valeur et la

solidité de la guérison. Des autopsies pratiquées sur 3 chevaux cliniquement morveux, 1 et 3 ans après la guérison, ont révélé l'absence de lésions spécifiques. Des inoculations au cobaye n'ont provoqué aucun trouble.

En résumé, le traitement de la morve des Équidés par les synergies chimio-biologiques associant les sulfadiazines à certains produits biologiques remarquablement efficaces (anamorve, malléine) nous a permis d'assurer la guérison définitive de chevaux et de mulets atteints, soit de morve latente, soit de morve apparente dans ses deux formes cliniques de morve nasale et de farcin. Le traitement de choix paraît être l'association sulfamézatine par voie buccale et malléine par voie sous-cutanée [7].

A 15 h 40 mn l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15 h 50 mn.

R. C.

---

[7] Ces travaux ont été effectués dans le laboratoire de Recherches de l'Armée iranienne.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 OCTOBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

A l'occasion de la prochaine célébration du centième anniversaire de la naissance d'**Arsène d'Arsonval**, M. **Paul Portier** met sous les yeux de l'Académie la reproduction photographique communiquée par M. Louis Chauvois, d'une lettre de *Chevreul* qui félicite son « cher Élève » de la suggestion adressée par lui en décembre 1870 au Ministre de la Défense Nationale, et qualifie cette suggestion d' « idée de génie ».

Arsène d'Arsonval, alors âgé seulement de dix-neuf ans, proposait de substituer à l'hydrogène, le gaz ammoniaque, qui n'est pas inflammable, pour le gonflement des ballons. Il indiquait comment l'emploi de ce gaz pouvait permettre les manœuvres en hauteur, nécessaires pour trouver les courants favorables, sans perte de gaz ni de lest, par la simple manœuvre de robinets permettant de mettre la masse gazeuse en communication soit avec un récipient d'eau froide qui en absorberait une grande quantité et ferait baisser le ballon, soit avec un récipient contenant de la solution ammoniacale et chauffé, qui enverrait du gaz dans l'enveloppe et ferait monter le ballon ([1]).

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Immunité relative de la Chenille de* Deilephila euphorbiæ *L. au poison des Euphorbes. Sensibilité du Papillon à ce même poison.* Note de MM. **Paul Portier** et **René-Guy Busnel**.

On sait que le suc laiteux des Euphorbes est toxique pour les Vertébrés aussi bien en injection qu'en ingestion.

Il existe cependant des insectes assez nombreux qui se nourrissent de différentes Euphorbes.

La Chenille d'un des Sphingides de nos pays : le *Deilephila euphorbiæ* L.

([1]) Cf. *La Nature*, oct. 1951, p. 310.

vit des feuilles de diverses Euphorbes et surtout de celles de l'*Euphorbia cyparissias*.

Nous avons cherché à préciser les conditions qui permettent à la Chenille de résister à l'action du poison.

Les expériences suivantes ont été réalisées :

1° Les chenilles monophages (*Bombyx mori* L.) ou polyphages (*Macrothylacia rubi* Ramb.) refusent de manger des feuilles de mûrier ou de ronce enduites de suc d'Euphorbe pur ou dilué.

2° L'injection d'une goutte de suc d'Euphorbe à un ver à soie ou à une chenille de *Chelonia* de 5 g provoque leur mort en moins de 2 h avec des phénomènes de contraction tétanique des muscles.

La même quantité de suc d'Euphorbe injecté à une chenille de *Deilephila euphorbiæ* du même poids produit des phénomènes d'excitation, d'incitation au déplacement suivis d'immobilisation et de contracture. Les chenilles restent ainsi recroquevillées pendant 5 à 8 h; mais les phénomènes décrits se calment peu à peu, les chenilles se réalimentent et se rétablissent. Sur sept chenilles injectées, aucune n'a succombé, tandis que les Vers à soie sont tous morts.

Ainsi, les chenilles de *Deilephila euphorbiæ* possèdent une immunité relative pour le poison des Euphorbes.

3° On doit se demander s'il en est de même pour le papillon qu'elles produisent.

Et d'abord, un papillon de cette espèce est en train d'absorber avec avidité une solution sucrée; on constate qu'il augmente de poids. Pendant qu'il ingère cette solution, on mélange à celle-ci un peu de suc d'Euphorbe; le papillon retire aussitôt sa trompe et refuse de reprendre son repas.

Et ensuite, l'injection de suc d'Euphorbe à un papillon de *Deilephila euphorbiæ* provoque de violentes réactions chez l'Insecte (trémulations des ailes, des pattes et de l'abdomen; suppression du vol, déroulement et enroulement alternatifs de la trompe).

Ces phénomènes d'excitation s'atténuent bientôt, et l'insecte paralysé meurt au bout de 40 à 60 mn. Une injection de liquide physiologique de même volume ou d'un volume plus grand reste sans effet.

Des réactions analogues suivies aussi de mort, ont été observées chez tous les papillons soumis aux mêmes injections : *Macroglossa stellatarum* L., *Herse convolvuli* L., *Papilio podalirius* L., *Cucullia lactuca* L..

Conclusion. — Les chenilles de *Deilephila euphorbiæ* L. possèdent une immunité relative vis-à-vis du suc des Euphorbes. Cette immunité a complètement disparu chez le papillon de la même espèce.

L'*Imago* diffère donc profondément de la Chenille, non seulement au point de vue de la morphologie et de la composition chimique, mais aussi sous le rapport des réactions d'immunologie.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la résistance de frottement des disques tournant dans un fluide et les équations intégrales appliquées à ce problème.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

Comparaison des lois de la résistance des disques animés d'une vitesse angulaire uniforme dans un fluide, établies expérimentalement par l'auteur en 1914 (1), aux résultats des recherches subséquentes effectuées par W. Schmidt et G. Kempf (2), Ch. Hanocq (3), E. Barillon (4), Th. Theodorsen et A. Regier (5). Comparaison de l'équation intégrale de l'auteur (1) à celle de Th. de Kármán (6) et de leur application aux problèmes de la résistance des fluides visqueux.

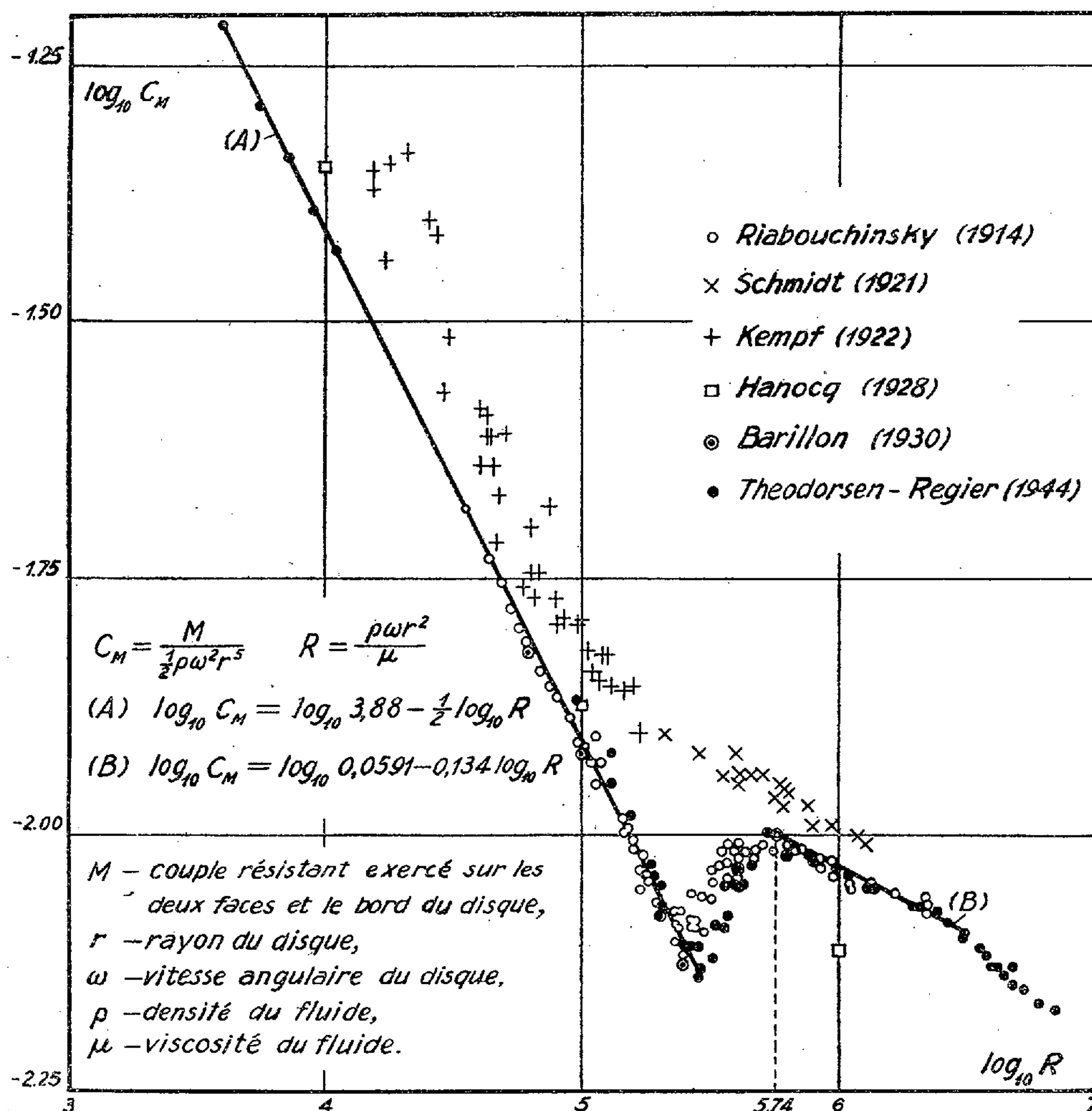
Recherches expérimentales. — En 1914, j'ai publié les résultats de mes recherches sur les disques tournant dans l'air et dans l'eau, où la loi de la proportionnalité de la résistance de frottement à la puissance 3/2 de la vitesse apparaissait pour la première fois d'une façon concluante et en rapport avec un changement de régime bien caractérisé. C'est un fait important qui venait se joindre à ceux qui avaient été découverts par Poiseuille (1840), Hagen (1854), Reynolds (1883), Mallock (1888) et Couette (1890).

J'ai déduit de mes expériences, en appliquant la théorie des dimensions, les équations (A) et (B) indiquées dans la figure ci-après, correspondant respectivement aux mouvements *laminaire* et turbulent et représentés sur cette figure par les droites (A) et (B), pouvant être réunies, dans la zone transitoire, par une courbe. Les données résultant de mes recherches, qui m'ont servi à tracer le segment de droite (B), correspondant au mouvement turbulent, n'étant pas suffisamment nombreuses, il ne faut considérer ce tracé (B) que comme approximatif. Comme on s'en rend compte, en considérant la figure, les expériences de Schmidt et Kempf se trouvent en désaccord avec les miennes, tandis que celles de Barillon et de Theodorsen et Regier confirment l'exactitude et la précision de mon travail expérimental.

Th. de Kármán a obtenu, en appliquant la méthode approximative dont il est question plus bas, comme coefficient théorique de l'équation (A), le nombre 3,68 qui se trouve être, comme il le constate (6), « en accord frappant » (in vorzüglicher Uebereinstimmung) avec mon coefficient expérimental 3,88. W. G. Cochran (7) a obtenu un accord encore plus parfait, puisqu'il a trouvé comme coefficient théorique 3,87.

(1) *Bull. de l'Institut Aérodyn. de Koutchino*, 5, Moscou, 1914, p. 5-34; *J. Roy. Aeron. Soc.*, 39, London, 1935, p. 340-348 et p. 377-379.
(2) *Vorträge*, etc. (Congrès d'Insbruck, 1922), Berlin, 1924, p. 169.
(3) *Revue Universelle des Mines*, 7e série, 18, Liége, 1928, p. 8.
(4) *Recherches et Inventions*, 185, Paris, 1928, p. 34.
(5) *National Adv. Comm. f. Aeronautics*, Rep. 793, Washington, 1944, p. 5 et 8.
(6) *Vorträge*, etc. (Congrès d'Insbruck, 1922), Berlin, 1924, p. 153.
(7) *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 30, 1934, p. 365.

Dans les publications parues ces dernières années, où l'on parle des disques tournant dans un fluide, on désigne la droite (A) du régime laminaire « droite de Kármán » ou aussi « droite de Cochran », mais aucune mention n'est faite des expériences et considérations théoriques que j'avais exposées.



Recherches théoriques. — Soit $OX = l$ la longueur d'une surface plane fixe [ou mobile, si elle représente une partie d'un *tapis-roulant* (8)] placée dans un courant de vitesse U. En appliquant le théorème des projections des quantités de mouvement, on a comme résistance tangentielle F_y, en première approximation dans *toute* section $y = \text{const.}$,

$$(1) \quad F_y = -\mu \int_0^x \frac{\partial u}{\partial y} dx = -x a \mu \frac{\partial u}{\partial y} = \rho \int_y^\infty u(u - U)\, dy + \int_y^\infty \int_{-\infty}^x \frac{\partial p}{\partial x} dx\, dy,$$

(8) D. Riabouchinsky, *Bull. de l'Inst. Aérod. de Koutchino*, 2, Moscou 1909, p. 115.

où $a = f(y)$ est le rapport de la valeur moyenne de $\partial u/\partial y$ dans l'intervalle Ox à sa valeur au point x. L'approximation admise permet d'omettre dans (1) le dernier terme. Avec cette simplification, après différentiation de (1) par rapport à y et intégration subséquente, en définissant la constante d'intégration par la condition $\partial u/\partial y = 0$ pour $u = U$ et en faisant tendre ensuite y, et par conséquent u vers zéro, il vient,

$$(2) \qquad \frac{\partial u}{\partial y} = \left(\frac{2\rho U^3}{3a\mu x}\right)^{\frac{1}{2}}\left(1 - \frac{u}{U}\right)\left(\frac{u}{U} + \frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}}, \qquad (a)_{y=0} = 2, \qquad F_0 = \left(\frac{2}{3}\rho\mu l U^3\right)^{\frac{1}{2}}.$$

En transformant l'équation (1) pour la mettre d'accord avec la théorie de Prandtl de la couche limite, on obtient l'équation intégrale de Kármán

$$(3) \qquad \frac{\partial F_0}{\partial x} = -\mu\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_{y=0} = \frac{d}{dx}\int_0^{\eta} u(u - U)\,dy + \frac{dp}{dx}\eta.$$

Les équations (1) et (3) peuvent aussi être déduites des équations de Navier en appliquant une transformation indiquée par H. Lamb (9).

La solution de l'équation (3) dépend d'une fonction $u = f(\eta, y)$ devant s'annuler pour $y = 0$ et prendre la valeur U pour $y = \eta$. Sa dérivée première doit s'annuler pour $y = \eta$ et sa dérivée seconde pour $y = 0$. H. Lamb a choisi la fonction $u = U\sin(\pi y/2\eta)$ et obtient 0,656 comme coefficient de la résistance F_0. H. Blasius avait déjà obtenu en 1907, en se basant directement sur l'équation fondamentale de la théorie de la couche limite, par un calcul plus compliqué, la valeur 0,664. Th. de Kármán, en choisissant la fonction $\eta^2 u = U(2\eta - y)y$, a obtenu la valeur 0,73, mais la dérivée seconde de u ne s'annule pas pour $y = 0$. Mon équation (2) conduit à la valeur $\sqrt{2/3} = 0,816$, sans faire intervenir une fonction arbitraire. J'exposerai l'application de ma méthode au problème des disques tournant dans un fluide dans une communication ultérieure.

ASTRONOMIE. — *Sur la nature de Pluton et de Triton.*

Note de M. **Alexandre Dauvillier**.

L'auteur suggère que Pluton et Triton sont, vraisemblablement, des planètes géantes jumelles réduites à leur noyau dense, c'est-à-dire des planètes terrestres, par suite d'une masse originelle insuffisante et d'une température initiale élevée, ayant provoqué l'évaporation de leurs éléments légers.

Dans une précédente Note (1), M. H. Camichel et moi avons montré que Pluton et Triton paraissaient former un couple de planètes jumelles origi-

(9) *Hydrodynamics*, 6e édit., Cambridge, 1932, p. 686.

(1) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 32.

nelles, ayant échappé à leur jonction grâce à la grandeur de leurs orbites et la petitesse de leurs masses: Triton ayant, finalement, été capturé par Neptune. Ces deux singuliers corps célestes seraient ainsi les *témoins* du mode de formation du système solaire. Cette hypothèse rend compte des singularités de l'orbite, du mouvement, de la masse et de l'albedo de Triton et de l'orbite de Pluton, qui ne vérifie pas la loi de Bode.

Dans une Note [2] ultérieure, nous avons cherché à interpréter les deux familles planétaires en admettant qu'à l'origine, toutes les planètes nouvellement nées étaient constituées du mélange solaire de Russell, que les planètes géantes actuelles avaient conservé cette nature, mais que les planètes terrestres, par suite d'une masse insuffisante, avaient perdu leurs éléments légers à la haute température de leur extraction et étaient ainsi réduites à des noyaux denses de planètes géantes.

Cette notion nouvelle d'*évaporation* nous paraît capitale pour l'intelligence du système solaire. La température de la masse gazeuse soumise aux effets de marée joue un rôle essentiel. Cet effet explique pourquoi il n'existe pas de planète terrestre de taille comparable à celle des satellites. La plus petite planète terrestre était, vraisemblablement, celle postulée par Olbers. Sa masse aurait été de l'ordre de grandeur de celle de la Lune, c'est-à-dire qu'elle serait née avec une masse de l'ordre de celle de la Terre. Au contraire, les plus petits satellites normaux, tels que Mimas, ont une masse quelque 2 000 fois moindre que celle de la Lune. Ils ne peuvent être nés à la même température élevée que les planètes. Leur matière a été empruntée à des planètes géantes gazeuses déjà refroidies. Ils n'ont pas subi d'évaporation. C'est aussi la raison pour laquelle les astéroïdes ne peuvent être directement issus du Soleil. On satisfait ainsi aux lois de la théorie cinétique des gaz.

On sait que Pluton n'est pas une planète géante, mais possède la masse, la densité et l'albedo d'une planète terrestre, et il semble en être de même pour Triton. Dans une récente étude sur Neptune et Pluton, Ch. Cailliate [3] attribue à Pluton un rayon voisin de celui de la Terre, une forte condensation centrale et une densité de 3,9. Slipher a montré, en 1938, que son spectre était tout différent de celui des planètes géantes et le rapprochait des planètes terrestres. En fait, sa densité et son albedo (0,17) sont très voisins de ceux de Mars.

Or, les hypothèses précédentes expliquent d'emblée ces caractères si l'on admet que Pluton est une planète, originellement quasi géante, réduite par évaporation thermique à son noyau. La composition du mélange de Russel indique, qu'à l'origine, Pluton et Triton avaient une masse quelque 50 fois plus grande que celle de la Terre actuelle et que, dans ces conditions, elles

---

[2] *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1231.
[3] *J. Obs.*, n° 5, 1951.

devaient, nécessairement, tout comme les planètes terrestres, perdre par évaporation 98 % de leur masse. Il en résulte que ces corps célestes doivent être formés d'un noyau de ferro-nickel, d'une lithosphère de silicates, qu'ils ne doivent posséder ni océans de gaz légers liquéfiés, ni atmosphère, et qu'ils doivent offrir un aspect lunaire.

Au nom de M. **Alexandre Dauvillier**, M. **Charles Maurain** fait hommage à l'Académie d'un fascicule intitulé : *Variations et origine du rayonnement cosmique. Conférences-rapports présentées devant la Société française de Physique les* 3 *et* 10 *mai* 1946. *Revues et complétées en* 1950.

M. **Hippolyte Parodi** fait hommage d'une liasse de documents consacrés aux *Journées d'information sur la traction électrique par courant monophasé de fréquence industrielle,* dont le texte d'une de ses conférences constitue le n° 1.

PLIS CACHETÉS.

M. **F. Péronnie** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 16 avril 1951 et enregistré sous le n° 12823.

Ce pli ouvert en séance par M. le Président contient une Note intitulée : *Constitution des saisons exclusivement par mouvement solaire.*

(Renvoi à la Section d'astronomie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Étude gravimétrique de l'Algérie-Tunisie,* par Jean Lagrula.

2° Commissariat général du plan de modernisation et d'équipement. *État des opérations du plan de modernisation et d'équipement à la fin de* 1950. *Afrique du Nord.*

3° P. Drumaux. *La récession des nébuleuses extra-galactiques. — Id.* 5e *et* 6e *Parties. — Le mouvement de récession des nébuleuses extra-galactiques.* 2e *Partie.*

4° Departamento de investigaciones sobre el cancer, anexo al Instituto del radium « Juan Bruno Zayas » (La Habana). *Memoria commemorativa del III aniversario de su fundacion.*

5° *Index to the Proceedings of the Royal Society of London* (Old Series). Vol. 1-75, 1800-1905.

6° *Index to the Proceedings of the Royal Society of London* (1905-1930), *and to the Philosophical Transactions of the Royal Society of London,* (1901-1930).

7° *Id.* 1931-1940.

8° *Notiziario dell' Istituto vaccinogeno antitubercolare* (Milano), Anno I, fasc. 1.

9° Glówny, Instytut dokumentacji naukowo-technicznej, Warszawa. *Polish technical Abstracts,* n° 1, 1951.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Les capacités, fonctions alternées d'ensemble.* Note de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On démontre que les capacités d'une famille d'ensembles vérifient une suite d'inégalités qui font apparaître la capacité comme analogue aux fonctions numériques « complètement monotones ». On montre, en outre, que l'ensemble de ces inégalités est complet.

Soit, dans un espace euclidien R, un domaine D possédant une fonction de Green. Pour tout compact K de D, on désigne par $f(K)$ la capacité de K relativement à la fonction de Green de D, et par $h(K)$ le potentiel d'équilibre de K. On utilisera la relation :

$$f(K) = \alpha[\text{flux de } \overrightarrow{\text{grad}}\, h(K) \text{ à travers S}].$$

où la constante α ne dépend que de R, et où S est une réunion finie de surfaces régulières qui sépare K de la frontière de D.

Si X, A_1, A_2, ... sont des compacts de D, on pose

$$H_1(X, A_1) = h(X \cup A_1) - h(X),$$
$$H_{n+1}(X, A_1, \ldots, A_{n+1}) = H_n(X \cup A_{n+1}, A_1, \ldots, A_n) - H_n(X, A_1, \ldots, A_n).$$

On définit de même $\Delta_1(X, A_1) = f(X \cup A_1) - f(X)$ et par récurrence $\Delta_n(X, A_1, \ldots, A_n)$. On a comme plus haut :

$$\Delta_n = \alpha[\text{flux de } \overrightarrow{\text{grad}}\, H_n \text{ à travers S}].$$

Aussi, de toute propriété des H_n va résulter une propriété analogue des Δ_n.

Propriétés fonctionnelles des H_n (*et des* Δ_n). — 1° $H_n(X, A_1, \ldots, A_n)$ est une fonction symétrique des A_i; aussi l'écrirons-nous souvent $H_n(X, \{A_i\})$.

2° $H_n(X, \{A_i\}) = H_n(X, \{A'_i\})$ si $X \cup A_i = X \cup A'_i$ pour tout i. En particulier on a $H_n = 0$ si l'un des A_i est tel que $A_i \subset X$.

3° $H_n(\emptyset, \{A_i\}) = (-1)^{n+1} h(A)$ si $A_i = A$ pour tout i.

4° $H_n(X, \{A_i\}) = H_{n+1}(\emptyset, \{A_i, X\}) + H_n(\emptyset, \{A_i\})$, ce qui exprime H_n

comme somme de deux fonctions symétriques par rapport à tous leurs arguments.

5° $H_n(X, A_1, \ldots, A_{n-1}, A_n \cup a_n) - H_n(X, A_1, \ldots, A_n) = H_n(X \cup A_n, A_1, A_2, \ldots, A_{n-1}, a_n)$.

Posons maintenant $\mathcal{H}_n = (-1)^{n+1} H_n$ et $\mathcal{D}_n = (-1)^{n+1} \Delta_n$.

THÉORÈME 1. — *On a toujours* $0 \leq \mathcal{H}_n(X, \{A_i\}) \leq 1$; *$\mathcal{H}_n$ est fonction décroissante de X et fonction croissante de chacun des A_i; d'autre part $\mathcal{H}_n$ est fonction décroissante de n, en ce sens que*

$$\mathcal{H}_{|I|}(X, \{A_i\}_{i\in I}) \leq \mathcal{H}_{|J|}(X, \{A_i\}_{i\in J}) \qquad \text{lorsque } I \supset J.$$

La démonstration se fait par récurrence en utilisant les propriétés des H_n mentionnées plus haut.

COROLLAIRE FONDAMENTAL. — *On a toujours* $\mathcal{D}_n = (-1)^{n+1}\Delta_n(X, A_1, \ldots, A_n) \geq 0$ *et $\mathcal{D}_n$ possède les mêmes propriétés de monotonie que $\mathcal{H}_n$.*

Lorsqu'une fonction numérique satisfait à des inégalités analogues aux précédentes, elle a ses dérivées successives alternativement positives et négatives et elle est analytique. Les capacités apparaissent donc comme des fonctions alternées d'ensemble.

Exemples. — Pour $n=1$. L'inégalité $\Delta_1 \geq 0$ exprime la croissance.

Pour $n=2$. L'inégalité $\Delta_2 \leq 0$ est équivalente au couple d'inégalités : $\Delta_1 \geq 0$ et $f(A\cup B) + f(A\cap B) \leq f(A) + f(B)$, cette dernière étant plus forte que l'inégalité ordinaire de convexité (qu'il serait plus correct d'appeler concavité).

Applications de $\Delta_2 \leq 0$. — 1° Si $a_i \subset A_i$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$, on a :

$$f(\cup A_i) - f(\cup a_i) \leq \Sigma[f(A_i) - f(a_i)].$$

2° Supposons le domaine D invariant par un groupe continu à un paramètre de déplacements T_λ, où $T_{\lambda_1} T_{\lambda_2} = T_{\lambda_1+\lambda_2}$.

Pour tout compact $K_0 \subset D$, posons $K_\alpha = \bigcup_{0\leq\lambda\leq\alpha} T_\lambda(K_0)$.

La capacité $f(K_\alpha)$ est une fonction croissante et concave de α.

Système complet d'inégalités. — Soit $\{A_i\}_{i\in I}$ $(\{I = 1, 2, \ldots, n\})$ une famille finie de compacts de D. Pour tout $J \subset I$, posons

$$B_J = \bigcup_{i\in J} A_i \qquad \text{et} \qquad x_J = f(B_J).$$

Il existe $N = (2^n - 1)$ ensembles B_J. On peut donc associer à la famille $\{A_i\}_{i\in I}$ le point de coordonnées $(x_J)_{J\subset I}$ de l'espace R_N.

DÉFINITION. — *Désignons par C_n le lieu du point $(x_J)_{J\subset I}$ lorsque la famille $\{A_i\}_{i\in I}$ varie, I et D restant les mêmes.*

Désignons par L_n le lieu des points de R_N défini par les N inégalités suivantes :

$$\mathcal{D}(J) = (-1)^{n-p+1}\Delta_{n-p}(B_J, \{A_i\}_{i\in I-J}) \geq 0,$$

où $J \subset I$ et $p = |J|$ avec $p = 0, 1, 2, \ldots, (n-1)$.

Remarquons que le premier membre de chacune des inégalités précédentes est fonction linéaire des $f(B_J)$, donc des x_J.

THÉORÈME 2. — 1° *L_n est un cône convexe de R_N ayant N arêtes; on peut le représenter paramétriquement sous la forme*

$$\overrightarrow{OM} = \sum_{J \subset I} \lambda_J \overrightarrow{V}_J \qquad (\lambda_J \geqq 0),$$

où le vecteur $\overrightarrow{V}_J$ a pour composantes $(x^J_K)_{K \subset I}$ avec $x^J_K = 0$ si $K \cap J = \emptyset$ et $x^J_K = 1$ si $K \cap J \neq \emptyset$.

2° *On a $C_n \subset L_n$, et $\mathring{C}_n = \mathring{L}_n$.*

Démonstration. — 1° Démonstration aisée; 2° la première relation résulte du corollaire du théorème 1; la seconde est plus cachée; elle résulte du fait que, dans le domaine D on peut, pour tout n, trouver n compacts de capacité 1 dont la réunion ait une capacité arbitrairement voisine de n.

COROLLAIRE. — *Si une inégalité de la forme $\sum_{H \subset I} \alpha_H f(B_H) \geqq 0$ est vérifiée pour toute famille $\{A_i\}_{i \in I}$, il existe N constantes $\beta_J \geqq 0$ telles que*

$$\sum_{H \subset I} \alpha_H f(B_H) \equiv \sum_{J \subset I} \beta_J \mathcal{D}(J).$$

On aurait un énoncé analogue en remplaçant partout $f(B_H)$ par $h(B_H)$ et les $\mathcal{D}(J)$ par les $\mathcal{H}(J)$.

THÉORIE DES GROUPES. — *Les permutations associées aux bases du groupe de Klein généralisé et les groupes associés.* Note de Mlle **Sophie Piccard**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit n un entier $\geqq 2$. Le groupe de Klein généralisé G_{2^n} est un groupe abélien régulier de degré et d'ordre 2^n, dont toute substitution non identique est du second ordre. Il existe des systèmes de n éléments indépendants générateurs du groupe G_{2^n}, appelés *bases* de G_{2^n}, et le groupe G_{2^n} ne saurait être engendré par moins de n éléments. Soit, pour toute valeur de l'entier $i (1 \leqq i \leqq 2^n)$, R_i la substitution du groupe G_{2^n} qui transforme 1 en i. Comme G_{2^n} est régulier, une telle substitution existe et elle est unique. Quel que soit l'entier $l (0 \leqq l \leqq n-1)$, la substitution R_{2^l+1} se compose des 2^{n-1} transpositions $(j + k2^{l+1}\, j + k2^{l+1} + 2^l)$, $j = 1, 2, \ldots, 2^l$, $k = 0, \ldots, 2^{n-l-1} - 1$. Les n substitutions R_{2^l+1} forment l'une des bases du groupe G_{2^n}. Le nombre total des bases de G_{2^n} est $(2^n - 1)(2^n - 2)(2^n - 2^2) \ldots (2^n - 2^{n-1}) / n!$ La condition nécessaire et suffisante pour que n substitutions de G_{2^n} forment une base de ce groupe, c'est qu'elles constitutent un système connexe et pour cela il faut et il suffit qu'elles soient indépendantes. A toute base B de G_{2^n} on

peut faire correspondre $2^n n!$ permutations des nombres $1, 2, \ldots, 2^n$ que nous appelons *permutations associées à la base* B, telles que $a_1, a_2, \ldots, a_{2^n}$ étant l'une quelconque de ces permutations et A_1 désignant la substitution composée des 2^{n-1} transpositions $(a_{j+k2l}\, a_{j+k2l+2^{l-1}})$, $j=1, 2, \ldots, 2^{l-1}$, $k=0, 1, \ldots, 2^{n-1}-1$, quel que soit $l=1, \ldots, n$, les n substitutions $A_1, \ldots, A_n$ constituent la base B. Quelle que soit la base $B=\{A_1, \ldots, A_n\}$ de G_{2^n} et quelle que soit la permutation $i_1, \ldots, i_n$ des nombres $1, \ldots, n$, il existe une substitution U du groupe symétrique $\mathfrak{S}_{2^n}$ des éléments $1, \ldots, 2^n$, telle que $UA_jU^{-1}=A_{i_j}$, $j=1, \ldots, n$. La condition nécessaire et suffisante pour qu'une substitution U du groupe $\mathfrak{S}_{2^n}$ transforme une base donnée B de G_{2^n} en elle-même, c'est que U transforme toute permutation associée à B en une permutation associée à B. L'ensemble des substitutions de $\mathfrak{S}_{2^n}$ qui transforment une base donnée B de G_{2^n} en elle-même est un groupe g d'ordre $2^n n!$ associé à cette base. g contient un sous-groupe d'ordre $n!$ simplement isomorphe au groupe symétrique $\mathfrak{S}_n$ de degré n.

Les groupes associés à deux bases quelconques B et B′ de G_{2^n}, relatifs au groupe $\mathfrak{S}_{2^n}$, sont simplement isomorphes. La condition nécessaire et suffisante pour qu'une substitution U du groupe $\mathfrak{S}_{2^n}$ transforme une base B de G_{2^n} en une seconde base B′, c'est que U transforme toute permutation associée à B en une permutation associée à B′. Le nombre total de substitutions de $\mathfrak{S}_{2^n}$ qui transforment une base B de G_{2^n} en une seconde base B′ est $2^n n!$, quelles que soient les bases B et B′.

L'ensemble des substitutions du groupe $\mathfrak{S}_{2^n}$ qui sont permutables avec le groupe G_{2^n} est un groupe primitif triplement transitif G_{N_n} d'ordre

$$N_n = 2^n(2^n-1)(2^n-2)(2^n-2^2)\ldots(2^n-2^{n-1}).$$

Le groupe G_{N_n} est le groupe associé à G_{2^n}, relatif au groupe $\mathfrak{S}_{2^n}$.

Quelle que soit la substitution non identique $R_i(2 \leq i \leq 2^n)$ de G_{2^n}, si l'on ordonne les éléments de chacun de ses cycles par ordre de grandeur croissante et si l'on ordonne ses cycles par ordre des premiers éléments croissants, autrement dit si l'on écrit (ce qui est toujours possible)

$$R_i = (a_{i1}a_{i2})(a_{i3}a_{i4})\ldots(a_{i2^n-1}a_{i2^n}),$$

où

$$a_{i2j-1} < a_{i2j},\ j=1, 2, \ldots, 2^{n-1} \quad \text{et} \quad a_{i1} < a_{i3} < \ldots < a_{i2^n-1},$$

alors la substitution $V_i=(1, 2, \ldots, 2^n;\ a_{i1}a_{i2}, \ldots, a_{i2^n})$ fait partie du groupe G_{N_n}.

Soit n un entier ≥ 3, soit N_{n-1} le groupe associé à $G_{2^{n-1}}$, soit

$$W=(1, 2, \ldots, 2^{n-1};\ b_1, b_2 \ldots, b_{2^{n-1}})$$

une substitution quelconque du groupe $G_{N_{n-1}}$ et soit W′ la substitution du groupe $\mathfrak{S}_{2^n}$ qui transforme $2h-1$ en $2b_h-1$ et $2h$ en $2b_h$, quel que soit

$h = 1, 2, \ldots, 2^{n-1}$. L'ensemble des substitutions W' est un groupe G_1, vrai sous-groupe de G_{N_n}, simplement isomorphe à $G_{N_{n-1}}$.

Soit, pour toute valeur de l'entier i compris au sens large entre 1 et $n-1$, P_i la substitution composée des 2^{n-2} transpositions $(2j - 1 + k2^{i+1}\, 2j + k2^{i+1})$, $j = 1, 2, \ldots, 2^{i-1}$, $k = 0, 1, \ldots, 2^{n-i-1} - 1$, et soit

$$P_n = (2^{n-1} + 1, 2^{n-1} + 2)(2^{n-1} + 3, 2^{n-1} + 4) \ldots (2^n - 1, 2^n).$$

Les n substitutions $P_1, \ldots, P_n$ engendrent un groupe abélien intransitif G_2, d'ordre 2^n. G_2 est aussi un sous-groupe de G_{N_n}. Toute substitution du groupe G_{N_n} peut se mettre sous la forme $V_i W' P$, $2 \leq i \leq 2^n$, $W' \in G_1$, $P \in G_2$. Le groupe G_{N_n} est le produit d'un groupe doublement transitif G_3, de degré $2^n - 1$ et d'ordre $(2^n - 1)(2^n - 2)(2^n - 2^2) \ldots (2^n - 2^{n-1})$ et du groupe G_{2n} et toute substitution de G_{N_n} peut se mettre sous la forme AB, où $A \in G_3$ et $B \in G_{2n}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la sommation des séries divergentes.* Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Étude de certains opérateurs linéaires, théorèmes d'équivalence, premiers théorèmes rassemblant divers résultats concernant l'équivalence de procédés de sommation au point de vue de la convergence.

Les résultats indiqués dans cette Note et ceux qui suivront ont pour objet d'unifier plusieurs théorèmes relatifs à la sommation des séries divergentes. Nous avons admis *volontairement* des hypothèses simples qui suffisent souvent en pratique. Il s'agit de séries numériques dont le terme général u_k réel ou complexe tend vers zéro pour $k\infty$. Un grand nombre de méthodes de sommation sont fournies par la donnée d'une matrice de Tœplitz ([1]). On dit parfois que la méthode est régulière.

La façon la plus simple et la plus maniable de se donner une méthode régulière est de considérer une fonction sommatoire $g(u)$ pour $0 \leq u \leq 1$, continue, à variation bornée. L'hypothèse (secondaire) $g(0) = 1$ suffit à déterminer une méthode régulière. On considère alors les sommes

$$T_n(g) = \sum_{k=1}^{n} g\left(\frac{k}{n}\right) u_k.$$

Si pour $n\infty$, $T_n(g)$ a une limite finie, on dit que le procédé (g) converge ou plus brièvement que (g) converge. Nous dirons aussi que la série est sommable (g).

([1]) Voir Banach, *Théorie des Opérations linéaires*, p. 90; Hardy et Rogosinski, *Fourier series*. Cambridge Tracts, n° 38, p. 53.

Nous dirons que deux procédés P et P_1 sont strictement équivalents si $T_n(P) - T_n(P_1) = o(1)$, que deux procédés sont équivalents (sous-entendu au point de vue de la convergence) si la convergence de l'un entraîne celle de l'autre, et réciproquement.

Il importe peu que la limite soit la même ou non et quitte à changer le premier terme u_1 de la série, on peut supposer que s'il y a convergence, la limite est zéro.

1. Le résultat suivant contient des résultats déjà signalés ([2]).

Si la série Σu_k est sommable (C, p) *(p entier ≥ 0), elle est sommable* (g), $g(u)$ *étant une fonction sommatoire douée d'une dérivée $(p+1)^e$ continue pour $0 < u \leq 1$ et qui est* $O(u^\alpha)$ *pour u voisin de zéro* $[\alpha > -(p+1)]$.

Nous nous intéressons à la réciproque de ce théorème.

2. Opérateurs $H_z(g)$ et fonctions sommatoires $G_z(g, u)$. — *a*. Si $\mathcal{R}z < 0$, nous posons

$$H_z^n(g) = \frac{z}{n^z} \sum_{p=1}^{n} p^{z-1} T_p(g),$$

$H_z(g)$ *est strictement équivalent au procédé défini par*

$$G_z(g, u) = z u^z \int_u^1 \frac{g(t)}{t^{z+1}} dt.$$

b. Si $\mathcal{R}z < 0$, nous posons *lorsque g converge*

$$H_z^n(g) = -z n^{-z} \sum_{p=n+1}^{\infty} \frac{T_p(g)}{p^{-z+1}}.$$

Si $\int_0^1 t^{-z-1} g(t)\, dt = 0$, $H_z(g)$ est strictement équivalent au procédé défini par

$$G_z(g, u) = z u^z \int_u^1 \frac{g(t)}{t^{z+1}} dt.$$

Remarques. — 1° Si $\mathcal{R}z < 0$, la condition $\int_0^1 t^{-z-1} g(t)\, dt = 0$ est essentielle.

2° On peut aussi, $\gamma(u)$ étant une fonction donnée, considérer

$$H_\gamma^n(g) = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^{n} \gamma\left(\frac{p}{n}\right) T_p(g);$$

$H_\gamma(g)$ est alors strictement équivalent à

$$G_\gamma(g, u) = \int_u^1 \gamma(t)\, g\left(\frac{u}{t}\right) dt.$$

([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2172. Dans cette Note s'est glissée une erreur typographique. Au 3° *il faut lire* $1 - u^p$ *et non* $(1 - u)^p$.

Si γ est réelle, on peut faire une évaluation précise de l'erreur commise quand on passe de H_γ^n à G_γ.

3° On peut alors définir $G_{z_1,z_2}(g, u) = G_{z_1}[G_{z_2}(g, u)]$, etc.

3. Propriétés des fonctions sommatoires $G_z(g, u)$. — 1° Si g converge, $G_z(g)$ converge.

2° $G_z(g)$ est équivalent (non strictement) à la première moyenne arithmétique de $T_1(g), \ldots, T_n(g)$, quel que soit z.

3° $G_{z_1,z_2}(g) = G_{z_2,z_1}(g)$.

4° $G_{z_1,\ldots,z_p}(g)$ est équivalent à la première moyenne arithmétique itérée appliquée aux $T_n(g)$.

4. Premières applications. — Parmi de nombreux autres, on obtient immédiatement les résultats suivants :

a. Les moyennes de Cesaro (C, p), de Hölder (H, p), de Riesz (R, p), (définies par $(1-u)^p$) sont équivalentes.

b. Les procédés $1-u^\alpha$ ($\alpha>0$ sont tous équivalents donc équivalents à (C, 1).

FONCTIONS SPÉCIALES. — *Sur la sommabilité et la dérivabilité de la série de Weber d'une fonction.* Note (*) de M. **Robert Campbell**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans une précédente Note [1] on a montré qu'une condition nécessaire et suffisante pour que la série de Weber d'une fonction $f(x)$ soit sommable (C, p) vers la valeur c était que :

$$\lim_{n\to\infty}\int_0^\varepsilon [f(x+t)+f(x-t)-2c]K_n^p(x, t)\,dt = 0, \tag{1}$$

K_n^p désignant le noyau de cette sommation (C, p). En faisant sur $f(x)$ les hypothèses déjà précisées [2] (en particulier que $f(x)\,e^{(1/4)x^2}$ soit L), et en utilisant la formule d'Adamoff [3], généralisée pour la dérivée d'ordre p d'une fonction $D_n(x)$, on peut déduire de (1) des conditions nouvelles de sommabilité, pour cette série.

1. Après avoir montré que, pour une valeur finie de x, les noyaux K_n^p satisfont aux inéquations, d'ailleurs équivalentes

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |K_p^n(x, t)|\,e^{-\frac{t^2}{4}}\,dt < H(x) \quad \text{ou} \quad \int_0^\delta |K_p^n(x, t)|\,dt < \overline{H}(x), \tag{2}$$

δ étant un nombre positif, $H(x)$ et $\overline{H}(x)$ étant indépendantes de n, on peut

(*) Séance du 8 octobre 1951.

(1) *Cf. Comptes rendus*, 233, 1951, p. 596.

(2) *Cf. Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1024.

(3) *Ibid.*

déduire de (1) que si $(1/2)[f(x+t)+f(x-t)]$ a une limite c pour $t \to 0$, la série est sommable vers cette valeur; que si, en particulier, $f(x)$ est continue dans l'intervalle fermé $\langle a, b \rangle$, la sommabilité est uniforme dans $\langle a, b \rangle$.

2. On peut vérifier facilement que si $(x-t)\sqrt{n} = u$, la moyenne (C, p) est la limite pour n infini de

$$\sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \overline{K}_n^p(u) f\left(x - \frac{u}{\sqrt{n}}\right) du, \qquad \text{avec} \quad \overline{K}_n^p(u) = u^{-p}\Lambda_p(u) + \frac{1}{\sqrt{n}} B(x, u),$$

Λ_p étant un polynome par rapport aux dérivées successives jusqu'à l'ordre p de $\frac{\sin u}{u}$ $\left[\text{par exemple } \Lambda_2 = -24 \frac{d^2}{du^2}\left(\frac{\sin u}{u}\right)\right]$; et $B(x, u)$ n'intervenant pas dans la limite puisque $f(t)e^{t^2/4}$ est supposée sommable L. On déduit alors de là que si $p \geqq 2$:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} u \left| \frac{\partial \overline{K}_n^p(x, u)}{\partial u} \right| e^{-\frac{u^2}{4}} du < \lambda(x), \tag{4}$$

λ étant indépendant de n. Si alors on suppose de plus que

$$\int_0^u \Big[f(x+t) + f(x-t) - 2c \Big] dt = o(u), \tag{5}$$

on démontre que $\lim\limits_{n \to \infty} \sigma_n^p(x) = f(x)$. En particulier $f(x)$ est sommable (C, p), $(p \geqq 2)$ presque partout sur un intervalle fini.

La propriété est fausse pour $p = 1$. Comme dans le cas des séries de Fourier, on en établit une autre un peu plus restrictive en majorant

$$\overline{K}_n^1(x, u) = \frac{1}{u} \frac{d}{du}\left(\frac{\sin u}{u}\right) + \frac{B(x, u)}{\sqrt{n}}$$

par une fonction $Q(x, u)$, qui, elle, satisfait à (4). Alors $\lim\limits_{n \to \infty} \sigma_n^1(x) = f(x)$ encore, mais à condition cette fois que

$$\int_0^u [\,|f(x+t) + f(x-t) - 2c|\,]\, dt = o(u). \tag{5'}$$

Application. — Les propriétés précédentes trouvent une application à la dérivation de la série de Weber d'une fonction $f(x)$. Tout d'abord un calcul [utilisant la formule de récurrence :

$$2D'_{n+1} = (n+1)D_n - D_{n+2}$$

et une intégration par parties] permet de montrer que la série obtenue en dérivant terme à terme la série de Weber de $f(x)$ est la série de Weber de $f'(x)$, à condition que $f(x)$ soit continue, ou seulement que la somme de ses sauts d'abscisses finies soit nulle. Cependant, même s'il n'en est pas ainsi, et si l'on admet seulement pour $f(x)$ l'existence d'une dérivée généralisée $Df(x)$, les résultats précédents montrent que, comme pour les séries de Fourier, la série dérivée de la série de Weber de $f(x)$ a pour somme $Df(x)$ (même si cette

série dérivée n'est pas elle-même la série de Weber d'une fonction), dans une sommation (C, p) avec $p \geqq 2$, mais non dans (C, 1), qui ne satisfait pas à la condition (5).

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur la distribution des degrés des formes appartenant à la matrice de l'idéal homogène attaché à un groupe de* N *points génériques du plan.* Note (*) de M. **Federigo Gaeta**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Un idéal homogène $\mathfrak{m}$ équidimensionnel de dimension zéro dans un plan rapporté aux coordonnées homogènes complexes x_0, x_1, x_2 est toujours parfait [1], il est donc engendré par les déterminants d'ordre maximum d'une matrice *homogène* $\mathfrak{M}$ à $\rho+1$ lignes et $\rho+2$ colonnes ($\rho \geqq 0$) constituée avec des formes ternaires (non constantes $\neq 0$) de degrés $\mu_{i,j}$. Nous supposerons cette matrice normalisée par les conditions

$$\mu_{\rho+1,1} \leqq \mu_{\rho,1} \leqq \ldots \leqq \mu_{2,1} \leqq \mu_{1,1} \leqq \mu_{1,2} \leqq \ldots \leqq \mu_{1,\rho+2}.$$

L'homogénéité de $\mathfrak{M}$ est caractérisée par les formules

$$(1) \qquad \mu_{i,j} = \mu_{i,1} + \mu_{1,j} - \mu_{1,1} \qquad (i=1, 2, \ldots, \rho+1;\ j=1, 2, \ldots, \rho+2)$$

exprimant le degré $\mu_{i,j}$ en fonction des degrés figurant dans la première ligne et la première colonne.

Le caractère ρ, nombre des générateurs de l'idéal $\mathfrak{m}$ moins deux, est le *résiduel* du groupe de points G représenté par $\mathfrak{m}$ [2]. Dorénavant, G sera *un groupe de* N *points génériques* du plan complexe. Alors, on établit les propriétés suivantes :

1. *Toutes les formes* $f_{i,j}$ *de* $\mathfrak{M}$ *sont linéaires ou quadratiques.*

2. *La fonction* $\rho = \rho(N)$, *résiduel d'un groupe de* N *points génériques du plan s'exprime très simplement au moyen du triangle arithmétique* [3] *reproduit au n° 2 ci-dessous.*

On connaît parfaitement la structure de l'idéal $\mathfrak{M}$ lorsqu'on connaît le nombre des formes quadratiques de la première ligne et de la première colonne, que j'ai déterminé dans mon Mémoire [2]. L'objet de cette Note est de donner le schéma (4) très simple de cette distribution.

2. Si nous écrivons les deux triangles arithmétiques

$$\begin{array}{llllll} N= & & & 1 & 2 & \\ N= & & 3 & 4 & 5 & \\ N= & 6 & 7 & 8 & 9 & \\ N= & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 \\ \ldots \end{array} \qquad \begin{array}{llllll} \rho(N)= & & & 0 & 0 & \\ \rho(N)= & & 1 & 0 & 1 & \\ \rho(N)= & 2 & 1 & 1 & 2 & \\ \rho(N)= & 3 & 2 & 1 & 2 & 3 \\ \ldots \end{array}$$

(*) Séance du 15 octobre 1951.

(1) W. Gröbner, *Moderne algebraische Geometrie*, Springer, Wien, 1949.

(2) F. Gaeta, *Annali di matematica*, 1951.

le résiduel d'un groupe de N points génériques est égal à l'élément homologue du nombre N du triangle (2) dans le triangle (3) ([3]).

On obtient le schéma voulu en remplaçant le nombre N dans (2) par le symbole $\binom{\mu_{11}\,\mu_{12}\ldots\mu_{1,\rho+2}}{\mu_{11}\,\mu_{21}\ldots\mu_{\rho+1,1}}$ renfermant la première ligne et la première colonne de la matrice normalisée associée à un groupe de N points génériques du plan.

Nous distinguons trois sortes de rangées remarquables, dans tout tableau triangulaire du type (2), (3) ou (4).

La *verticale centrale* : $N = 4, 12, 24, \ldots$ dans (2); $\rho(N) = 0, 1, 2, \ldots$ dans (3), les *obliques bornées à la verticale centrale* à droite et à gauche. Il y a des *obliques ascendantes* (finies) par ex. : $N = 4, 1$; $N = 12, 8, 5$ dans (2). [*Les résiduels des éléments de l'$i^{\text{ième}}$ oblique* (*à droite ou à gauche*) *sont constants et égaux à $i-1$*], et les *obliques descendantes* (infinies) : par ex. $N = 1, 3, 5, \ldots$; $N = 4, 8, 13, \ldots$ dans (2).

On peut construire le schéma (4) en utilisant les propriétés suivantes :

A gauche de la verticale centrale de (4) *les formes d'une ligne de $\mathfrak{M}$ ont le même degré. Le nombre des lignes à formes quadratiques des matrices de l'$i^{\text{ième}}$ oblique descendante à gauche est constamment égal à $i-1$: $i = 1, 2, 3, \ldots$.*

A droite de la verticale centrale de (4), *les formes d'une colonne quelconque d'une matrice $\mathfrak{M}$ ont le même degré. Le nombre des formes quadratiques des matrices de l'$i^{\text{ième}}$ oblique descendante à gauche est constamment égal à* 1.

En conséquence, *toutes les formes des matrices de la verticale centrale* (simultanément à droite et à gauche) *sont quadratiques.*

Toutes les formes des matrices de la première oblique descendante à gauche sont linéaires : $N = \binom{\alpha+2}{2}$; $\rho = \alpha = 0, 1, 2, \ldots$.

Les matrices de la première verticale descendante à droite contiennent une colonne de formes quadratiques. Toutes les autres à formes linéaires. $N = n(n+3)/2$ ($n = \rho + 1$; $\rho = 0, 1, 2, \ldots$ *bien d'accord avec la propriété qu'il y a une seule courbe d'ordre n contenant un groupe de $n(n+3)/2$ points génériques.*

Voici le schéma de distribution des formes des matrices $\mathfrak{M}$:

$$(4)\quad \left|\begin{array}{c}
\binom{11}{1}\quad \binom{12}{1}\\
\binom{111}{11}\quad \binom{22}{2}\quad \binom{112}{11}\\
\binom{1111}{111}\quad \binom{222}{21}\quad \binom{122}{11}\quad \binom{1112}{111}\\
\binom{11111}{1111}\quad \binom{2222}{211}\quad \binom{222}{22}\quad \binom{1122}{111}\quad \binom{11112}{1111}
\end{array}\right.$$

([3]) Voir *loc. cit.* dans ([2]), p. 63.

CALCUL DE PROBABILITÉS. — *Divisibilité des « lois de probabilité convexes »*. Note de M. **Albert Tortrat**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous ne considérerons que les lois que nous appellerons « convexes » ainsi que leurs fonctions caractéristiques, définies par Polya : si la fonction $y(x)$ est réelle, paire, continue, convexe pour $x > 0$, et tend vers zéro si x tend vers ∞, $y(0) = 1$; alors $y(x)$ est fonction caractéristique d'une densité de probabilité, symétrique par rapport à l'origine. Il nous suffira de considérer $y(t)$ sur $(0 - \infty)$. Notons cependant que des lois convexes sont rares en pratique, car si le moment d'ordre 2 existe, y'' existe pour $x = 0$, et comme y est paire, $y' = 0$ à l'origine; donc il n'existe pas de loi convexe possédant un moment d'ordre 2.

Rappelons que la loi L est dite produit des deux lois L_1 et L_2, ou divisible, ou décomposable en L_1 et L_2, si elle est la loi de la somme de deux variables aléatoires indépendantes de lois respectives L_1 et L_2; alors si y, y_1, y_2 sont leurs fonctions caractéristiques respectives $y = y_1 y_2$ et réciproquement.

Nous étudions la divisibilité de telles lois, dans l'ensemble des lois de même espèce et allons préciser ses propriétés en partant de l'idée intuitive suivante : si $y = y_1 y_2$ et si y_1 et y_2 sont $> \varepsilon$ dans un intervalle si petit soit-il, alors y est décomposable d'une infinité de façons (infinité ayant la puissance du continu).

1. Pour que y soit décomposable, il est nécessaire que sur tout segment où y ne s'annule pas $(y > \varepsilon)$ y'' ou $\Delta y'/\Delta x$ (quel que soit le Δx de ce segment, si en un point au moins de ce Δx, y'' n'existe pas; dans le cas contraire il suffit de considérer y'') reste $> \eta$, (η dépendant de ce segment); cette condition est automatiquement vérifiée aux points où y' possède une discontinuité, on n'a donc pas à considérer ces points.

2. Il suffit pour que y soit divisible qu'à partir d'un certain x assez grand y soit convexe, en plus de la condition 1.

3. Condition suffisante de divisibilité lorsque y s'annule à distance finie $x = a$.

a. Si $y'' > \varepsilon$ pour $x \leqq a$ (ou $\Delta y'/\Delta x$);

b. Si dans un voisinage assez petit à gauche de a, $|y'|/y''$ et y/y'' sont bornés [ou $|y'|/(\Delta y'/\Delta x)$ et $y/(\Delta y'/\Delta x)$] (y' tend nécessairement vers zéro si $x \to a$, si y'' ou $\Delta y'/\Delta x$ ne reste pas $\geqq \varepsilon$ pour $x \leqq 0$.

Il en résulte en particulier qu'il y a une infinité de décompositions possibles s'il y en a une, dans tous les cas où y s'annule en a.

Il n'y a pas, sur tout segment où $y \geqq \varepsilon$, en dehors de la condition 1, de condition locale de divisibilité; le problème est un problème aux limites, le comportement de y au voisinage du point où y s'annule étant le point fondamental.

Par exemple, en approchant y_1 et y_2 par des lignes polygonales on peut affirmer : la condition nécessaire et suffisante pour que $y(x)$ soit divisible est qu'elle puisse être approchée par une suite infinie de $\zeta_n(x)$ composées chacune d'une suite d'arcs de paraboles, de longueur tendant vers zéro avec $1/n$, à concavité vers les $\zeta > 0$, situés au-dessus de $y(x)$ et telles que lorsque les points de raccordement [qui sont sur $y(x)$] sont assez voisins les uns des autres, les discontinuités $\Delta\zeta'$ et $\Delta\zeta''$ en ces points satisfont à la condition

$$\zeta''(\Delta\zeta')^2 + \frac{\zeta}{2}(\Delta\zeta'')^2 - \zeta\Delta'\zeta'\Delta\zeta'' \leqq 0,$$

mais on ne peut rien tirer de cette relation pour un passage à la limite, comme les cas examinés ci-dessus le confirment.

4. Nous pouvons donner des conditions localisées à un segment, si petit soit-il, pour y_1 et y_2, qui assurent la divisibilité de y d'une infinité de façons lorsqu'elle existe d'une façon.

a. Si, sur un segment, si petit soit-il, y''_1 et y''_2 (ou $\Delta y'_1/\Delta x$ et $\Delta y'_2/\Delta x$, lorsque y'_1 et y'_2 sont continues mais non dérivables), sont $\geqq \varepsilon$.

b. Si y''_2 (ou $\Delta y'_2/\Delta x$) seulement est $> \varepsilon$ sur un segment, mais si à l'une des extrémités de ce segment y'_1 est discontinue.

c. En examinant alors ce qui se passe au voisinage de $x = 0$, on conclut en particulier, en supposant y''_1 et y''_2 continues, à l'infinie décomposabilité toutes les fois que :

1° y''_1 ou y''_2 est > 0 en $x = 0$;

2° Sinon y''_1 et y''_2 tendent toutes deux vers zéro si $x \to 0$; soit C_2 celle des deux courbes pour laquelle y'' est la première $\neq 0$ lorsque x croît à partir de zéro, (y''_1 étant alors constamment $= 0$ sur cet intervalle);

$$(1) \quad \begin{cases} \text{si } \dfrac{|y'_1|}{y_1} \geqq \dfrac{|y'_2|}{y_2} & \text{il y a infinie décomposabilité;} \\ \text{si } \dfrac{|y'_1|}{y_1} \leqq \dfrac{|y'_2|}{y_2} & \begin{cases}\text{il n'y a pas en général possibilité d'une infinité de} \\ \quad \text{décompositions par une modification locale.}\end{cases} \end{cases}$$

Ceci s'applique en particulier si y, commençant par un arc de parabole est décomposable en y_1 et y_2 commençant chacune par un segment rectiligne (sur chacun de ces segments y'/y est constant); la conclusion (1) est valable. En particulier aussi, lorsque ni y''_1 ni y''_2 ne sont $\equiv 0$ dans un voisinage assez petit de zéro, il y a une infinité de décompositions. Nous avons ainsi examiné tous les cas possibles lorsque y''_1 et y''_2 ont une limite pour $x \to 0$.

Notons ici, en rapport avec le problème général de l'arithmétique des lois de probabilité, que personne n'a encore, à notre connaissance, signalé de loi continue qui soit non divisible, c'est-à-dire que le problème reste ouvert de trouver une loi continue première.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Résolution d'équations fonctionnelles qui se présentent dans le problème des ondes liquides de gravité en profondeur variable.* Note (*) de M. **Maurice Roseau**, présentée par M. Henri Villat.

Étude des équations fonctionnelles posées dans une Note précédente (¹) et applications aux petits mouvements harmoniques bidimensionnels d'un liquide.

Nous avons montré que la solution du problème des petits mouvements d'un liquide dans un canal de profondeur variable était liée à la détermination de deux fonctions analytiques $H(u)$ et $K(u)$ vérifiant deux équations fonctionnelles.

$H(u)$ doit être telle que

$$\frac{H(u+i)}{H(u)} = \frac{u \operatorname{th} \alpha u - b}{(u+i) \operatorname{th} \alpha (u+i) - a}; \tag{1}$$

$K(u)$ vérifiant l'équation déduite de celle-ci en permutant a et b. Désignant par $g(u)$ et $f(u)$ les logarithmes du second membre et de $H(u)$, et posant $\mathcal{G}(v) = g(i\varepsilon + v)$, $\mathcal{F}(v) = f(i\varepsilon + v)$, avec $0 < \varepsilon < (\pi/2\alpha) - 1$ on est conduit à prendre pour solution :

$$\mathcal{F}(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} \overline{\mathcal{G}}(t) \frac{e^{-ivt} - 1}{e^t - 1} \, dt$$

dans la bande $0 \leq \operatorname{Im} v \leq 1$, la fonction $\overline{\mathcal{G}}(t)$ étant définie par

$$\overline{\mathcal{G}}(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{ivt} \mathcal{G}(v) \, dv.$$

La fonction $H(u)$ ainsi obtenue dans la bande $\varepsilon \leq \operatorname{Im} u \leq \varepsilon + 1$ est prolongée en utilisant l'équation (1).

On démontre que $H(u)$ se comporte comme $(1/u) e^{\mp i(a-b) \mathrm{L}|u|}$ quand $\mathrm{Re}\, u \to \pm\infty$.

Désignant par $\pm\lambda$ et $\pm\mu$ les zéros réels de $u \operatorname{th} \alpha u - a$ et $u \operatorname{th} \alpha u - b$, $\pm\mu - ni$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$ sont des pôles simples, $\pm\lambda - (n+1)i$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$ des zéros simples de $H(u)$, tous les autres zéros et pôles étant imaginaires purs et de modules plus grands que $\pi/2\alpha$.

On montre que

$$H(u) K(u) (u \operatorname{th} \alpha u - a)(u \operatorname{th} \alpha u - b) = \text{const.}$$

On prend pour C une droite $\operatorname{Im} u = c$ avec $1/2 < c < 1$, et pour Γ une courbe asymptote à une droite $\operatorname{Im} u = c'$ $(c' > 0)$, coupant l'axe réel en deux

(*) Séance du 15 octobre 1951.

(¹) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 844.

points seulement compris entre $-\lambda$ et $+\lambda$, et l'axe imaginaire pur en un seul point compris entre $-i/2$ et $-i$. Dans le cas $a.b \neq 0$ on choisit l, m, p, q tels que

$$p\,\mathrm{K}(0) = l\,\mathrm{H}(0), \qquad m\,\mathrm{H}\left(\frac{i}{2}\right) + q\,\mathrm{K}\left(-\frac{i}{2}\right) = 0,$$

p et l réels, m et q imaginaires purs.

Si $b = 0$, $a \neq 0$ la première équation est remplacée par $l = 0$, la seconde demeurant inchangée.

Enfin on montre que lorsque $\xi \to +\infty$ les solutions se comportent comme

$$\mathrm{R}e\, e^{i\lambda\xi}\frac{\mathrm{ch}(\alpha+\eta)\lambda}{\mathrm{ch}\,\alpha\lambda}\left(\frac{p}{\mathrm{sh}\,\pi\lambda} - \frac{q}{\mathrm{ch}\,\pi\lambda}\right)\lim_{\sigma\to-\lambda}(\sigma+\lambda)\mathrm{K}(\sigma).$$

Quand $\xi \to -\infty$, si $a.b \neq 0$ les solutions se comportent comme

$$\mathrm{R}e\, e^{-i\mu\xi}\frac{\mathrm{ch}(\alpha+\eta)\mu}{\mathrm{ch}\,\alpha\mu}\left(\frac{l}{\mathrm{sh}\,\pi\mu} - \frac{m}{\mathrm{ch}\,\pi\mu}\right)\lim_{\sigma\to-\mu}(\sigma+\mu)\mathrm{H}(\sigma),$$

tandis que si $b = 0$, $a \neq 0$, elles deviennent infinies comme ξ, ce qui entraîne pour le potentiel $\varphi(x, y)$ correspondant une singularité logarithmique à l'origine, sauf si $m = q = 0$, cas où la solution demeure bornée.

RADIOASTRONOMIE. — *Observation de l'éclipse annulaire de Soleil du 1er septembre* 1951. Note (*) de MM. **François Bosson**, **Émile-Jacques Blum**, **Jean-François Denisse**, **Émile Leroux** et **Jean-Louis Steinberg**, présentée par M. André Danjon.

Mesures de l'intensité reçue du Soleil sur 178 et 3 cm de longueur d'onde. Sur 3 cm on apporte la preuve d'un renforcement de brillance sur le limbe. Sur 178 cm le diamètre apparent radioélectrique est 1,4 fois plus grand que le diamètre apparent optique, et le rayonnement coronal participe pour moitié au rayonnement global.

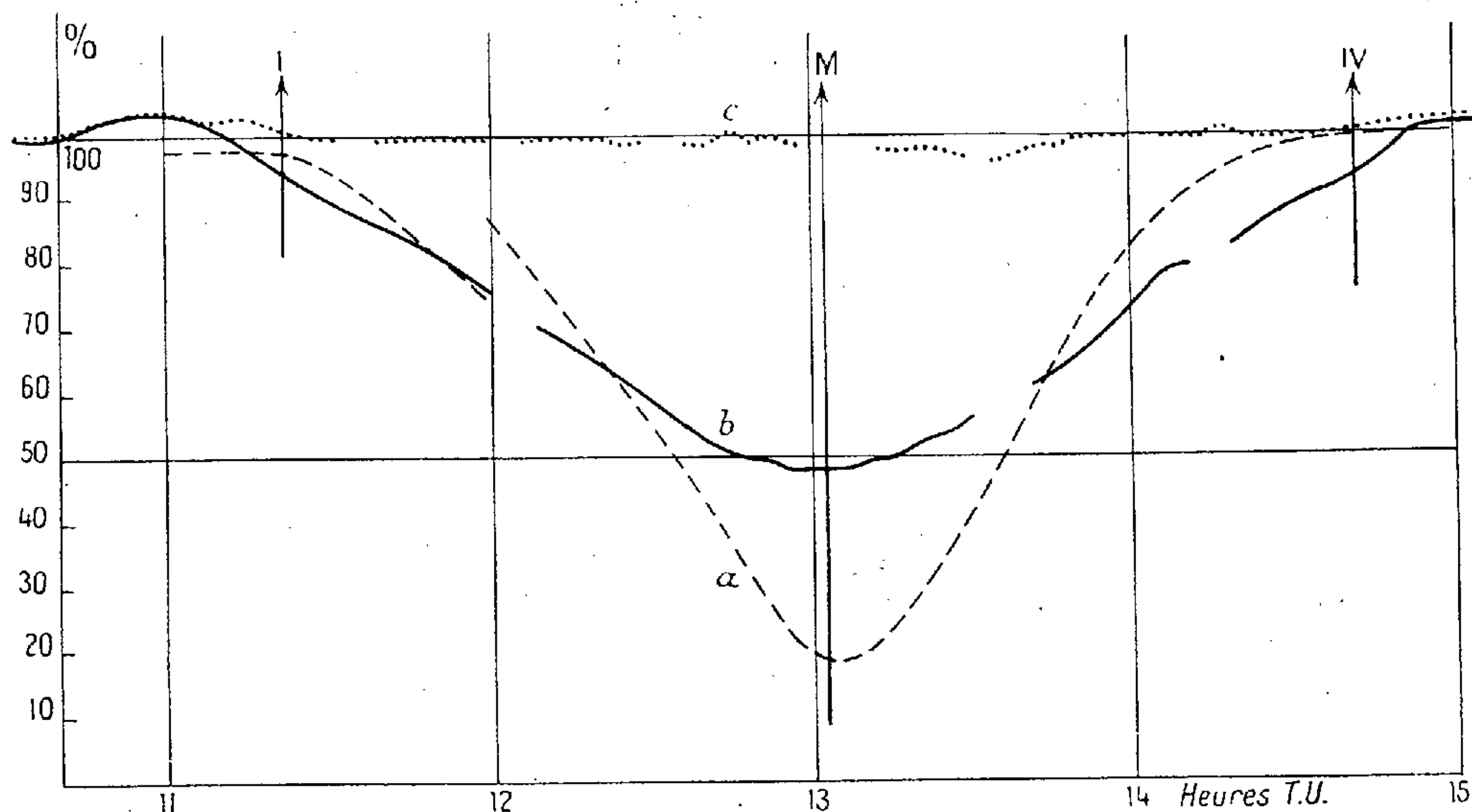
On a mesuré la variation de l'intensité du flux radioélectrique solaire au cours de l'occultation, sur les longueurs d'onde de 3,12 cm (9350 MHz) et 1,78 m (169 MHz). Le point d'observation (longitude 6°04′ W, latitude 13°42′ N) était situé au voisinage immédiat de la centralité à Markala (Soudan français) où l'expédition a pu bénéficier de l'aide des installations de l'Office du Niger.

Les mesures ont été favorisées par des conditions atmosphériques très favorables et par l'absence d'activité solaire anormale : le Soleil est en effet resté calme, même sur ondes métriques, du 25 août au 3 septembre.

Ondes centimétriques. — L'équipement utilisé comprenait un miroir parabo-

(*) Séance du 24 septembre 1951.

lique de 1,50 m de diamètre à monture équatoriale et entraînement automatique et un récepteur du type de Dicke utilisant une permutation à 175 Hz et



a. Courbe d'obscurcissement sur 3,12 cm. Le décrochage qui se produit après le premier contact correspond à la correction d'une erreur de pointage initial.

b. Courbe d'obscurcissement sur 1,78 m. Les ondulations résiduelles visibles sur cette courbe sont dues à des interférences produites par des obstacles terrestres et peuvent être parfaitement corrigées par comparaison avec les résultats obtenus au cours des jours de contrôle (courbe *c* par exemple).

une bande passante de 11 MHz. La courbe d'obscurcissement (*fig. a*) montre essentiellement :

que le début et la fin de l'occultation radioélectrique diffèrent peu des premier et dernier contacts optiques, ce qui est en bon accord avec les mesures précédentes ;

que la courbe présente une certaine dissymétrie qui s'explique bien par l'existence d'un groupe de taches assez important au voisinage du bord Est, dont la contribution radioélectrique serait de l'ordre de 3 % du total ;

que l'émission restante au moment de la centralité (grandeur de l'éclipse 0,975) représente environ 18 % de l'énergie totale. Ce chiffre élevé, comparé au résultat obtenu pour une éclipse totale [5,6 % pour une éclipse de grandeur 1,009 (1)] constitue la première preuve expérimentale directe d'une augmentation de la brillance du disque solaire au voisinage du limbe. L'existence de cet anneau brillant sur ondes centimétriques résulte immédiatement de l'augmentation avec l'altitude de la température des couches chromosphériques (2).

(1) J. P. Hagen, F. T. Haddock et G. Reber, *Sky and telescope*, 10, 1951, p. 111.

(2) J. F. Denisse, *Thèse*, Paris, 1949.

Ondes métriques. — L'équipement utilisé sur ondes métriques comprenait un aérien monté en équatorial, composé d'un réseau de dipôles avec réflecteurs qui définissait un lobe principal de 30° d'ouverture en ascension droite et de 9° en déclinaison. Le récepteur à permutation était particulièrement stable.

La précision obtenue, contrôlée par la cohérence des mesures effectuées pendant plusieurs jours consécutifs est certainement supérieure à 1/200 du niveau du Soleil calme, soit environ 1° sur la température apparente de l'antenne.

Les mesures comprenaient une lecture précise effectuée sur l'échelle d'un galvanomètre à spot avec une constante de temps de l'ordre de la minute et d'autre part un enregistrement à faible constante de temps (0,25 s) destiné à l'élimination éventuelle de perturbations transitoires d'origine solaire (sursauts) ou terrestre (orages).

La courbe de variation de l'intensité du rayonnement solaire au cours de l'éclipse est indiquée sans aucune correction sur la figure *b*. Elle est parfaitement symétrique et permet de déterminer à 2 mn près l'instant du premier contact radioélectrique qui s'est produit environ 16 mn avant le contact optique. Ce résultat qui conduit à un diamètre apparent du Soleil observé sur 169 MHz, environ 1,4 fois plus grand que le diamètre optique est en accord avec un reste d'émission à la centralité égal à 50 % environ du flux total. Le groupe de taches signalé plus haut ne paraît pas correspondre à une émission appréciable sur ondes métriques.

PHYSIQUE. — *Observations relatives à la métallisation des surfaces par évaporation dans le vide.* Note (1) de M. **Louis Dunoyer**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les observations ci-dessous sont relatives :

1° au mode de traitement auquel il convient de soumettre la surface dans le vide avant métallisation;

2° au choix du métal constituant le dispositif de chauffage;

3° à un mode de traitement qui permet d'augmenter beaucoup la dureté de la couche métallique déposée.

1. Une fois la pièce à métalliser placée dans l'appareil à vide, il est indispensable de compléter le nettoyage chimique effectué auparavant, par une élimination dans le vide de toutes les substances qui peuvent être absorbées sur la surface. ... On tourne généralement la difficulté en effec-

---

(1) Extrait du pli cacheté n° 11189, déposé le 20 juillet 1936, ouvert à la demande de l'auteur le 9 juillet 1951.

tuant le vide en deux temps. Pendant une première phase, on établit une pression de quelques dixièmes de millimètre de mercure et l'on fait passer dans cette atmosphère sous pression réduite la décharge sous haute tension. La surface à métalliser est ainsi baignée par un milieu fortement ionisé qui produit le nettoyage désiré. ... Après avoir fait ainsi passer la décharge pendant un temps qui peut aller de quelques minutes à plusieurs heures suivant l'étendue de la surface à couvrir et la densité de la décharge, on fait un excellent vide et l'on procède à l'évaporation du métal de recouvrement.

J'ai constaté, en appliquant ce procédé, qu'il donne parfois des déboires, surtout avec certaines espèces de verres, soit que cela tienne à la nature de ces verres, ou à la manière dont ils ont été polis. Au moment où l'on retire le miroir de l'appareil, il est superbe et la couche est bien adhérente. Mais après quelques heures d'exposition à l'air (il suffit parfois d'une heure), il apparaît des zones où le miroir devient diffusant. Si l'on examine ces zones au microscope, on constate qu'elles sont parsemées de petites cloques en forme de calottes sphériques convexes, dont l'effet diffusant est évident. Ces cloques grossissent peu à peu jusqu'à une certaine limite. Si l'on essuie la surface avec une peau de chamois, elles donnent lieu à autant de trous à travers la couche déposée. Celle-ci redevient presque aussi peu diffusante qu'initialement, mais son pouvoir réflecteur est diminué proportionnellement à l'aire totale des trous. Ce phénomène constitue une des grosses pierres d'achoppement dans la fabrication courante des miroirs aluminés, car je l'ai principalement observé avec l'aluminium.

J'ai constaté que l'on obtient des résultats beaucoup meilleurs et plus réguliers en remplaçant le bain de la surface dans une atmosphère ionisée par le bombardement de cette surface au moyen d'électrons thermoioniques accélérés par un champ électrique. Le nettoyage de la surface peut être ainsi rendu presque instantané et beaucoup plus complet. On commence donc par faire un très bon vide. On chauffe à haute température un filament de tungstène que l'on porte à un potentiel négatif de quelques centaines de volts au-dessous de celui d'une plaque métallique sur laquelle repose la pièce à métalliser par sa face opposée à celle qu'il s'agit de recouvrir. Des gaz adsorbés se dégagent instantanément et la décharge cesse d'être purement électronique : elle devient disruptive. Il est à noter que si l'on arrête le bombardement à ce moment, le nettoyage de la surface est encore incomplet et que le phénomène des cloques peut encore se produire fréquemment. On coupe donc le courant de chauffage du filament et l'on pompe pour éliminer les gaz dégagés. Quand le vide est redevenu bon, on recommence jusqu'à ce que la décharge reste purement électronique. On coupe alors définitivement le chauffage du filament et l'on procède à l'évaporation du métal à déposer comme à l'ordinaire. ...

2. ... On se contente ... en général de constituer le système chauffant par un filament spiralé, soit en cône, soit en cylindre sur lequel on place un fragment du métal à vaporiser. ...

J'ai pu supprimer d'une façon pratiquement complète les ruptures intempestives de filament en remplaçant le tungstène par le tantale; ... les filaments de tungstène portés à haute température deviennent très cassants; les filaments de tantale restent au contraire ... malléables. Une déformation accompagnant la dissolution du filament dans l'aluminium qui amènerait le bris d'un filament de tungstène reste donc sans effet sur un filament de tantale. ...

3. Les couches d'aluminium formées sur verre à la suite du traitement qui a été indiqué ci-dessus sont très adhérentes et pratiquement inaltérables. Mais elles restent tendres comme l'aluminium l'est lui-même et on peut les rayer facilement. J'ai découvert qu'il suffit de les écraser légèrement avec une peau de chamois ou un linge fin pour qu'elles prennent une dureté telle qu'une pointe d'acier trempé ne puisse plus les rayer que très difficilement. Leur poli reste d'ailleurs inaltéré et elles ne diffusent pas plus de lumière qu'avant; on ne peut distinguer une zone vierge de la zone contiguë frottée comme il vient d'être dit que par le fait qu'une pointe d'aiguille, qui rayait aisément la zone vierge, glisse brusquement sans rayer quand elle traverse la frontière des deux zones. ...

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Un nouveau modèle mathématique de lentille électronique.* Note de M. **Pierre Grivet**, présentée par M. Louis de Broglie.

La fonction $1/ch(z/a)$ décrit avec précision le champ axial dans les nombreuses lentilles où la décroissance du champ avec la distance est due à un effet de blindage. Elle mène à une expression pratique des caractéristiques optiques.

1. *Champ axial.* — Le modèle de Glaser ([1]) est précis pour les lentilles magnétiques à bobines nues ou à blindage saturé. Il est moins fidèle dans le cas important où le fer reste perméable ou en électrostatique ([2]). Alors la loi en $1/(1+z^2)$ est trop lente pour le champ de fuite qui décroît en réalité exponentiellement. Cette loi, caractéristique des effets de blindage, est beaucoup mieux approchée par la formule $B = B_0 \operatorname{sech}(z/b)$ que je propose ici et si l'on donne à b la valeur $b = 0{,}7593\ a$ (a, demi-largeur réelle à mi-hauteur), la représentation du champ magnétique s'avère en moyenne excellente.

2. *Rayons de Gauss.* — En prenant b pour unité de longueur ($z/b = x$;

([1]) *Z. Physik*, 117, 1941, p. 285.
([2]) P. Grivet et M. Bernard, *Comptes rendus*. 233, 1951, p. 788.

$R = r/b$), l'équation des rayons gaussiens est $R''\mathrm{ch}^2(x) + h^2 R = 0$, avec $h = 0{,}7593\,k$, k. paramètre classique défini dans (1) et (2), Le changement de variable : $u = \mathrm{th}(x)$ ramène cette équation au type de Legendre et l'expression du rayon général s'écrit $R = AP_\nu[\mathrm{th}(x)] + BP_\nu[-\mathrm{th}(x)]$, $P_\nu(u)$ étant la *fonction* de Legendre d'ordre ν avec $\nu(\nu+1) = h^2$. Les cas $\nu = n$ entier sont physiquement significatifs et mathématiquement singuliers; alors la *fonction* $P_\nu(u)$ devient le *polynome* $P_n(u)$ et $P_n(-u)$ doit être remplacé par $Q_n(u)$, *fonction* de deuxième espèce.

3. *Valeurs remarquables* $\nu = n$, *entier*. — Que ν soit entier ou non, le rayon $r = P_\nu[\mathrm{th}(x)]$ est toujours un rayon principal, parallèle à l'axe à la distance 1, pour $x \to +\infty$ car on a toujours $P_\nu(1) = 1$ et $P'_\nu(1)$ est fini; la dépendance $u = \mathrm{th}(x)$ assure le comportement asymptotique convenable. Mais si ν est un entier n, ce rayon principal émerge encore de la lentille parallèlement à l'axe pour $x \to -\infty$, car $P_n(-1) = 1$ si n est entier : la lentille est alors afocale au sens classique du mot. A l'intérieur de la lentille le rayon coupe n fois l'axe, donnant lieu à n *foyers immergés* G_n symétriques par rapport au centre optique, qui est l'un d'eux lorsque n est impair; c'est le seul lorsque $n = 1$, $[r = A\,\mathrm{th}(x) + Bx\,\mathrm{th}(x)]$. Les valeurs $\nu = n$ pour lesquelles le système est classiquement afocal, séparent les valeurs de ν correspondant aux systèmes convergents ($0 < \nu < 1$, $3 < \nu < 4$, $5 < \nu < 6$, ...) de celles donnant des systèmes divergents ($2 < \nu < 3$, $4 < \nu < 5$, ...). Dans les instruments actuels on évite toujours les foyers multiples et nous pourrons limiter l'étude par la condition $0 < \nu \leqq 1$, $0 < h^2 \leqq 2$.

4. *Éléments cardinaux classiques*. — Ils définissent la correspondance homographique entre les deux asymptotes de chaque rayon. Or le développement de $P_\nu(u)$ au voisinage de $u = -1$ est connu ([3]) et donne après transformations $P_\nu(\mathrm{th}\,x) \to \sin\nu\pi/\pi\{2x + 2[\psi(\nu) + C] + \pi\,\mathrm{cotg}(\pi\nu)\}$, C étant la constante d'Euler, $\psi(\nu)$ la dérivée logarithmique de $\nu\,!$. On obtient finalement pour la position du foyer z_F, la distance focale f, et la rotation de l'image φ

$$\left(\frac{z_F}{b}\right) = \psi(\nu) + C + \frac{\pi}{2}\mathrm{cotg}(\pi\nu), \qquad \frac{f}{b} = \frac{\pi}{2\sin(\nu\pi)}, \qquad \varphi = \pi h.$$

Ces lois diffèrent peu de celles de Glaser quand les lentilles sont faibles, mais les écarts deviennent importants lorsque la convergence est forte. On note en particulier que la lentille de projection la plus convergente est définie par $\nu = 1/2$, $k = 1{,}14$, $f = 1{,}19a$ au lieu de $k = 1$, $f = 1{,}5a$.

5. *Immersion*. — Lorsque l'objet ou l'image (ou l'un ou l'autre) sont immergés dans le champ, il n'existe plus de correspondance homographique rigoureuse entre objet et image : le champ considéré ici n'est pas « newtonien »

([3]) E. W. Hobson, *Spherical and Ellipsoïdal Harmonics*, p. 224.

au sens de Glaser ([4]) et il n'existe plus d'éléments cardinaux valables pour *tous* les couples objet-image; il est facile de le vérifier dans le cas simple $\nu=1$. Mais les éléments cardinaux définis par Glaser ([4]) et que nous appellerons briévement « immergés » restent précieux pour décrire la correspondance objet-image au voisinage du couple conjugué : foyer-infini [*cf.* ([4]), p. 373]. La position du foyer G est donnée par $P_\nu(u_\nu)=0$, $u_\nu=\text{th}(x_G)$, $z_G=bx_G$, u_ν étant l'une des ν racines réelles de $P_\nu(u)=0$, racine unique si $0\leq\nu=1$. La distance focale immergée g est alors

$$\frac{b}{g}=\frac{P'_\nu(u_\nu)}{\text{ch}^2(x_G)}=\frac{2\sin(\nu\pi)}{\pi P_\nu(-u_\nu)},$$

la seconde expression étant commode lorsque ν est petit. La distance focale g diffère de f classique dans la mesure où $P_\nu(-u_\nu)$ s'écarte de l et l'immersion est négligeable tant que $\nu\leq 0,3$ ($P_\nu\geq 0,98$); la position de G tend vers celle du foyer classique F quand ν est petit [$x_F=x_G=(1/2\nu)$]. La rotation de l'image dépend de la position de l'objet; entre le foyer et l'infini elle est

$$\varphi=\left[\left(\frac{\pi}{2}\right)-\text{arctg}(\text{sh}\,x_G)\right]h.$$

La valeur minimum de g caractérise un type important d'objectif de microscope; elle vaut ici : $g=0,7593a$, pour $\nu=1$, $k^2=2$, valeurs sensiblement différentes de $g=a$, $k^2=3$ pour le modèle de Glaser et qui serrent de plus près la réalité [*cf.* ([5]) p. 128], en particulier la relation entre les ampères-tours (A_t), la demi-largeur a (millimètres) et le champ au centre de la lentille B (kilo-gauss) s'écrit ici : $B_0 a=5,27\,A_t$, alors que les valeurs expérimentales du coefficient numérique s'échelonnent entre 4,4 et 5,8 dans les mesures de Ruska ([5]), le modèle de Glaser donnant 4. Les valeurs de k qui rendent la lentille afocale sont faciles à mesurer; leur répartition fournit un test expérimental commode, permettant de choisir le modèle approprié : la suite de ces valeurs est ici 3,469, 10,404, 20,808, $n(n+1).1,7344$ au lieu de 3, 8, 15, $n'(n'+1)$.

Schelkunoff ([6]) donne un réseau de courbes très précieuses, représentant $P_\nu(\cos\theta)$ en fonction de θ pour les ν échelonnés de 0,2 entre 0 et 2; ce sont les *trajectoires principales* légèrement déformées à leurs extrémités par la transformation $\cos\theta=\text{th}\,x$.

([4]) W. Glaser et O. Bergmann, *Zeits. f. angewandte Mathematik und Physik*, 1, 1950, p. 363-379.

([5]) E. Ruska, *Arch. Elektrotechnik*, 38, 1944, p. 102-130.

([6]) Schelkunoff, *Applied Mathematics*, New-York, 1948, p. 423-424.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Absorption du stilbène cristallisé.* Note de M. **Paul Pesteil**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note sur l'absorption du stilbène [1], nous signalions l'existence de faibles bandes situées au-dessus de 3600 Å. Nous publions ici une étude quantitative faite, en lumière polarisée, sur des lames cristallines minces ; ces lames étaient taillées perpendiculairement aux trois directions principales de l'ellipsoïde des indices 1, 2 et 3 [respectivement parallèles aux axes cristallographiques c', a et b [1]]. Les épaisseurs étaient évaluées au palmer avec une erreur relative inférieure à 0,02. La méthode de photométrie photographique utilisée permet de donner les valeurs des coefficients d'absorption K avec une erreur relative inférieure à 0,05 (pour K supérieur à 5). L'origine d'absorption nulle était prise loin des bandes, vers 4100 Å, et nous nous sommes assuré que la fluorescence ne perturbait pas les mesures.

Les résultats sont mis en évidence sur la figure. La courbe indiquée par la notation $i(j)$ représente la variation, en fonction de la longueur d'onde, du coefficient $Ki(j)$ relatif à la vibration parallèle à l'axe i et se propageant dans la direction j. L'examen de ces courbes permet de faire les remarques suivantes :

1° on aperçoit deux maxima importants situés au voisinage de 3670 et 3870 Å ;

2° ces deux bandes sont surtout visibles sur les courbes 3(2) et 3(1). Elles n'apparaissent pas sur 1 (2) ;

3° les coefficients d'absorption de ces bandes varient avec la direction de propagation.

4° La zone étudiée coïncide avec la fin d'une bande très forte, visible à l'état presque pur sur la courbe 1 (2), dont le coefficient d'absorption ne varie pas avec la direction de propagation.

Pour interpréter ces résultats, rappelons que K varie comme la proportion d'énergie absorbée par unité de distance dans le sens de la propagation ($dI = IKx$); supposons aussi qu'il existe trois coefficients d'absorption K_L, K_M, K_N, liés aux trois axes L, M, N de la molécule [1]. Il semble naturel d'écrire la relation suivante entre Ki et les coefficients K_L, K_M, K_N :

$$Ki = \varepsilon_{Li}^2 K_L + \varepsilon_{Mi}^2 K_M + \varepsilon_{Ni}^2 K_N,$$

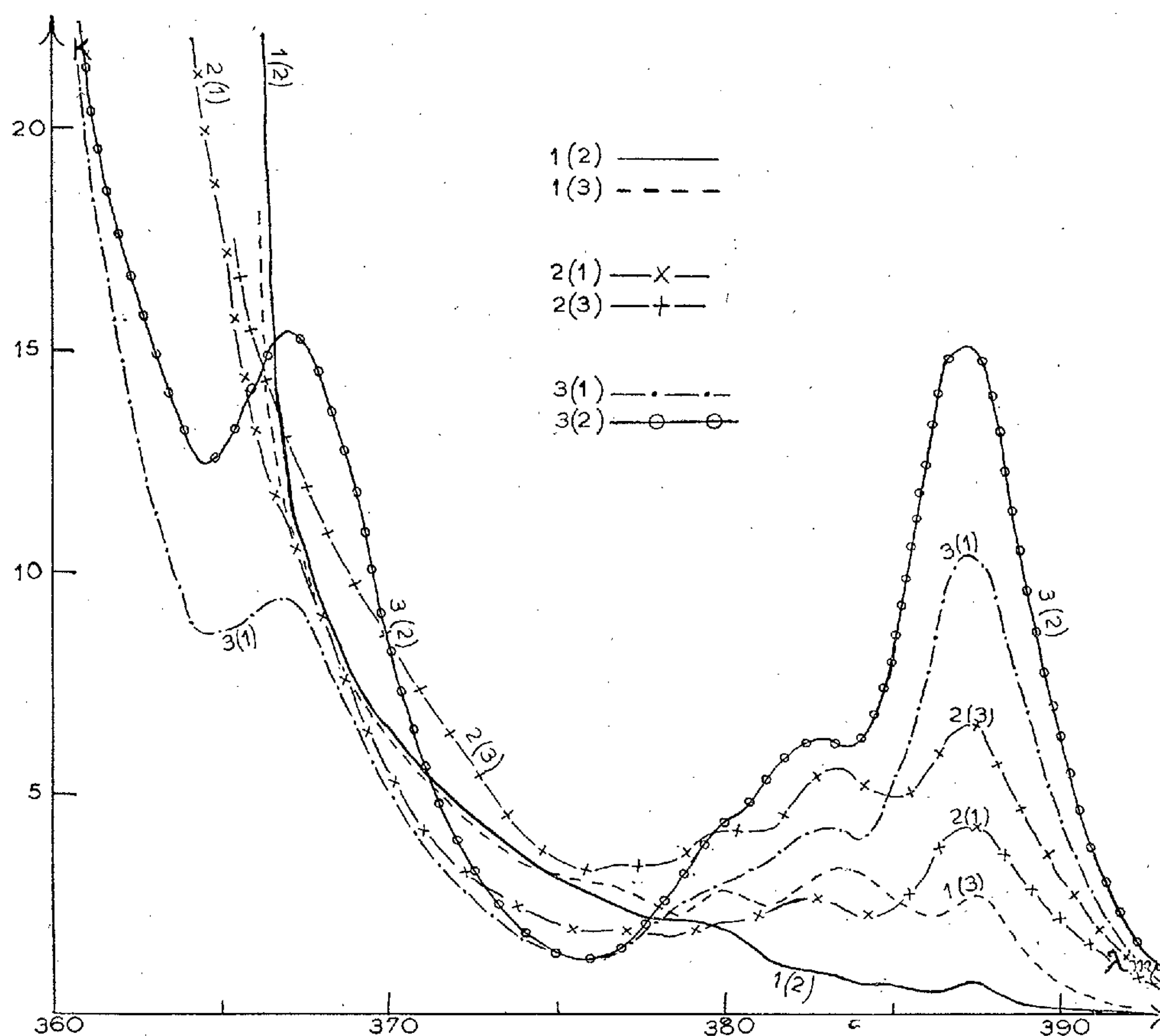
ε_{Li}, ε_{Mi}, ε_{Ni} sont les cosinus directeurs de l'axe i avec les axes L, M, N.

Nous donnons ci-contre le tableau des carrés de ces cosinus directeurs :

	L.	M.	N.
1	0,478	0,059	0,457
2	0,469	0,259	0,268
3	0,048	0,682	0,268

(1) P. Pesteil, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 377.

Si l'on admet, comme Chakravarti [2] l'a montré pour d'autres molécules aromatiques, que K_N est nul, l'examen du tableau montre que K_1 contiendra, à l'état presque pur, le coefficient d'absorption relatif aux oscillateurs vibrant parallèlement à L. K_3 subira presque uniquement les variations de K_M, tant que K_L n'aura pas pris une valeur trop élevée. Quant à K_2, il dépendra à la



fois de K_L et de K_M. L'examen des courbes montre que les bandes situées au-dessus de 3600 Å sont dues aux électrons ayant une composante de vitesse parallèle au petit axe M. La zone de forte absorption, dont on n'aperçoit que la fin sur la figure, est due aux électrons vibrant parallèlement au grand axe L. Il est d'ailleurs probable que les bandes K_M se prolongent au-dessous de 3600 Å ; elles sont alors cachées sous les bandes K_L.

Pour expliquer les remarques 3 et 4, supposons d'abord que les niveaux électroniques de chaque molécule n'empiètent pas sur ceux des voisines. Dans

---

(2) Chakravarti, *Trans. Farad. Soc.*, 37, 1941, p. 562; et Krishnan, *Current Science*, 3, 1934, p. 26.

ce cas, le coefficient d'absorption doit être proportionnel au nombre de molécules contenues dans le plan d'onde et au nombre de molécules rencontrées par unité de longueur parcourue, c'est-à-dire à la concentration. Dans ces conditions (et c'est le cas pour K_L), le coefficient d'absorption ne dépend pas de la direction de propagation. Si, au contraire, les niveaux électroniques s'enchevêtrent, l'énergie absorbée peut n'être plus proportionnelle au nombre de molécules; K peut alors dépendre de la direction de propagation : c'est ce qui se passe pour K_M.

SPECTROSCOPIE. — *Reproduction au laboratoire du nouveau système de bandes de Meinel* $A^2\Pi - X^2\Sigma$ *de* N_2^+ *observé dans les aurores boréales.* Note de Mme **Renée Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le spectre de l'aurore boréale a été étudié récemment à nouveau par Meinel dans l'infrarouge photographique (1). Entre 6800 et 8300 Å il avait mesuré les longueurs d'onde des têtes de six bandes nouvelles qu'il a identifiées à un nouveau système négatif d'azote. Le niveau inférieur de ce système est le même que celui du premier système négatif $B^2\Sigma - X^2\Sigma$ et le niveau supérieur est un nouveau niveau qui manquait dans le schéma des niveaux de N_2^+. Cette transition $A^2\Pi - X^2\Sigma$ est permise et il paraissait étonnant qu'elle n'ait pas été observée jusqu'ici au laboratoire malgré les diverses tentatives effectuées.

Dans la présente Note nous donnons quelques détails expérimentaux relatifs à la reproduction de ce système dans un mélange d'hélium et d'azote. Le tube à décharge utilisé est essentiellement le même que celui décrit précédemment (2). C'est un long tube d'environ deux mètres muni d'électrodes d'aluminium et contenant de l'hélium sous une pression de 10 mm de mercure. L'azote pur est obtenu par décomposition thermique de l'azothydrate de sodium. J'ai été fortement gênée par les impuretés contenues dans l'hélium « pur » fourni par l'industrie, particulièrement par les traces de néon qui émet un spectre très intense dans l'infrarouge photographique. Comme nous l'avons montré, un tel mélange émet en phosphorescence le système $B^2\Sigma - X^2\Sigma$ avec une grande intensité (3).

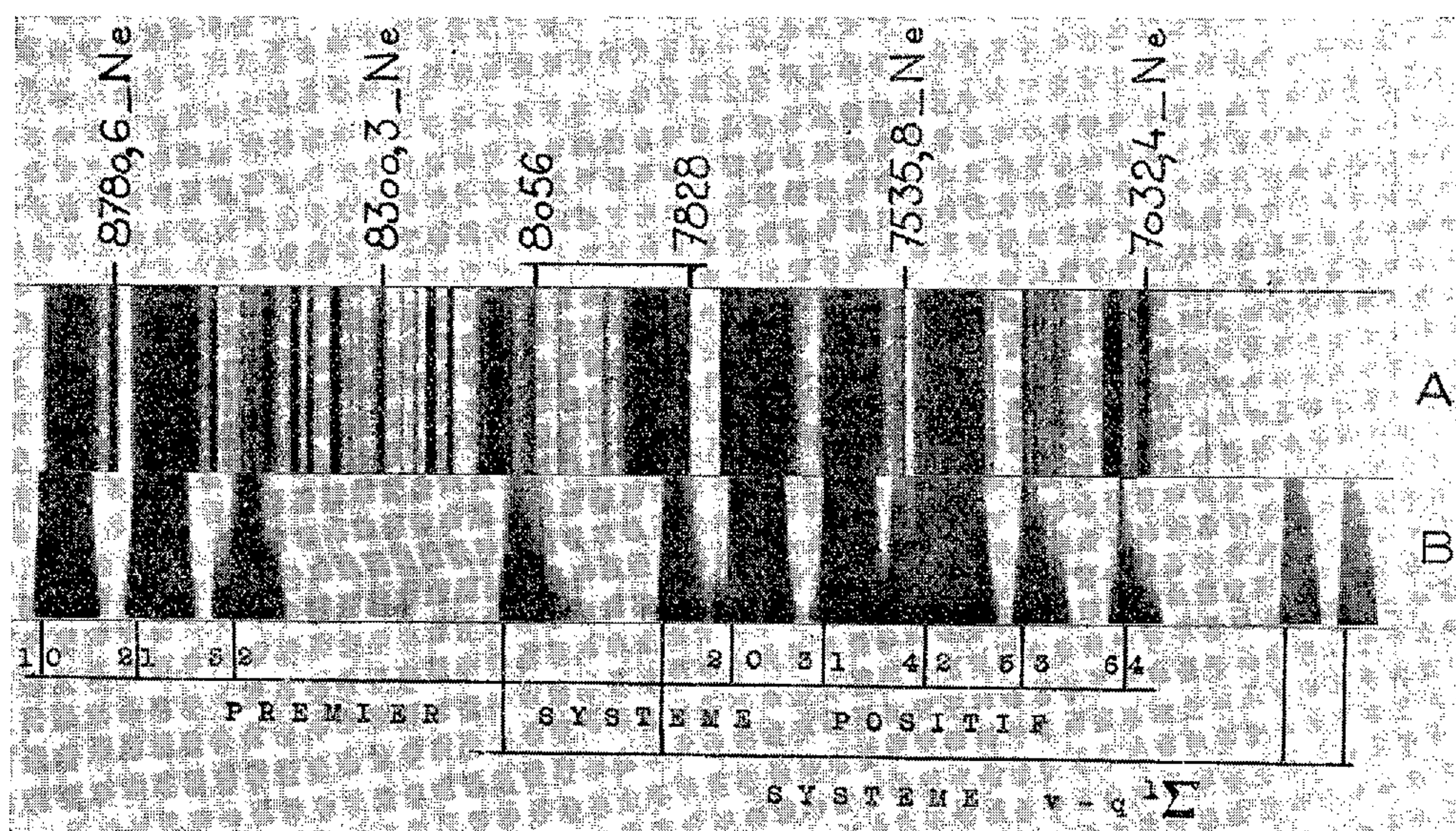
La composition du spectre infrarouge émis dans un tube à décharge du modèle ci-dessus change considérablement avec la pression partielle d'azote en opposition avec ce qui se passe dans le visible et l'ultraviolet proche. Alors que dans ce dernier domaine spectral le premier système négatif a une intensité

(1) *Astroph. J.*, **112**, 1950, p. 562.

(2) R. et L. Herman, *J. Phys.*, (VIII), **10**, 1949, p. 132.

(3) L'étude de cette phosphorescence dans l'infrarouge est en cours.

prépondérante jusqu'à des pressions partielles d'azote relativement élevées, dans le rouge et l'infrarouge l'intensité du premier système positif augmente très vite avec la pression d'azote et ce dernier système masque complètement les autres émissions. Pour observer le système $A^2\Pi - X^2\Sigma$, il est nécessaire de maintenir la pression partielle d'azote à la valeur à laquelle le premier système positif est pratiquement absent. Il est alors possible de photographier les bandes aurorales ci-dessus et d'obtenir le spectre A de la figure 1. On y voit les bandes 7828 et 8056 avec une structure de rotation bien développée, tout à



fait semblable à celle observée dans le spectre des aurores. L'intensité de ce système semble augmenter par rapport à celle du premier système négatif lorsque la pression partielle d'azote diminue.

Le spectre ci-dessus diffère essentiellement de celui décrit précédemment (4) qui est émis avec une grande intensité relative à basse température. En plongeant le tube à décharge rempli d'azote pur dans de l'azote liquide, on obtient le spectre B de la figure. Les bandes du système $A - X$ sont ainsi remplacées par d'autres dégradées vers le violet et appartenant au système $v - q\,^1\Sigma$.

---

(4) R. HERMAN, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 738.

SPECTROSCOPIE. — *Étude de la perturbation de la raie* 2537 Å *du mercure par l'argon, l'azote et l'hydrogène comprimés.* Note de MM. **Jean Robin** et **Stéphane Robin**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les travaux déjà effectués jusqu'à 50 kg : cm² [1] ont été poursuivis à des pressions plus élevées en vue de vérifier la limite de validité des théories existantes [2]. Nos résultats mettent en évidence une insuffisance de la théorie statistique de Margenau et un énorme accroissement d'intensité d'une bande « satellite » faible à basse pression.

L'appareillage a été déjà décrit [3], mais la cuve est ici en quartz; l'hydrogène est comprimé par réchauffements successifs de réservoirs refroidis dans N_2 liquide. La dispersion est de 10 Å par millimètre aux environs de 2 537 Å. La figure 1 représente le déplacement du maximum de la raie en fonction de la densité relative de A et N_2 comprimés; l'épaisseur de l'absorbant est de 4,5 cm et la température varie de 50 à 100° C suivant la pression utilisée (nous n'avons pas étudié systématiquement l'effet perturbateur de la température, mais nos mesures montrent qu'il est négligeable sur des intervalles de température de 30° C). Il apparaît du côté des courtes longueurs d'onde de la raie principale une bande satellite dont l'intensité croît rapidement avec la pression et dépasse celle de la raie principale vers 300 atm. La fusion de cette bande avec la raie élargie fausse à haute pression les pointés des maxima (partie pointillée des courbes de la figure 1) et rend impossibles les mesures d'élargissement de la raie. La figure 2 représente quelques enregistrements microphotométriques illustrant le développement de la bande satellite dans le cas de l'argon. Sur la figure 3, nous avons porté le rapport d_2/d_1 des densités optiques des maxima de la bande satellite et de la raie principale en fonction de la pression d'argon; la mesure n'a pas pu être faite au-dessous de 100 kg : cm² par suite de la trop faible intensité de la bande; la courbe est à peu près linéaire jusqu'à 500 kg : cm², puis présente une forte courbure imputable à la superposition de la raie élargie et de la bande satellite. Le maximum de cette dernière se déplace d'abord vers le rouge, puis semble se stabiliser vers 2 530 Å entre 250 et 400 amagats dans le cas de A; avec N_2, il reste situé vers 2 531 $\pm$ 1 Å entre 150 et 350 amagats. Avec H_2, on n'observe pas de bande satellite; le déplacement du maximum de la raie est faible et l'on note un élargissement considérable de celle-ci; d'autre part, au delà

(1) C. Fuchtbauer, G. Joos et O. Dinkelacker, *Ann. Physik*, **71**, 1923, p. 204.
(2) H. Margenau et W. Watson, *Rev. modern Phys.*, 8, 1936, p. 22.
(3) S. Robin, J. Robin et B. Vodar, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1754.

de 250 kg : cm², le maximum se déplace vers les courtes longueurs d'onde, contrairement à ce qui avait été observé à basse pression ([1]). Il faudrait donc en conclure que la raie se déplace d'abord dans un sens puis revient

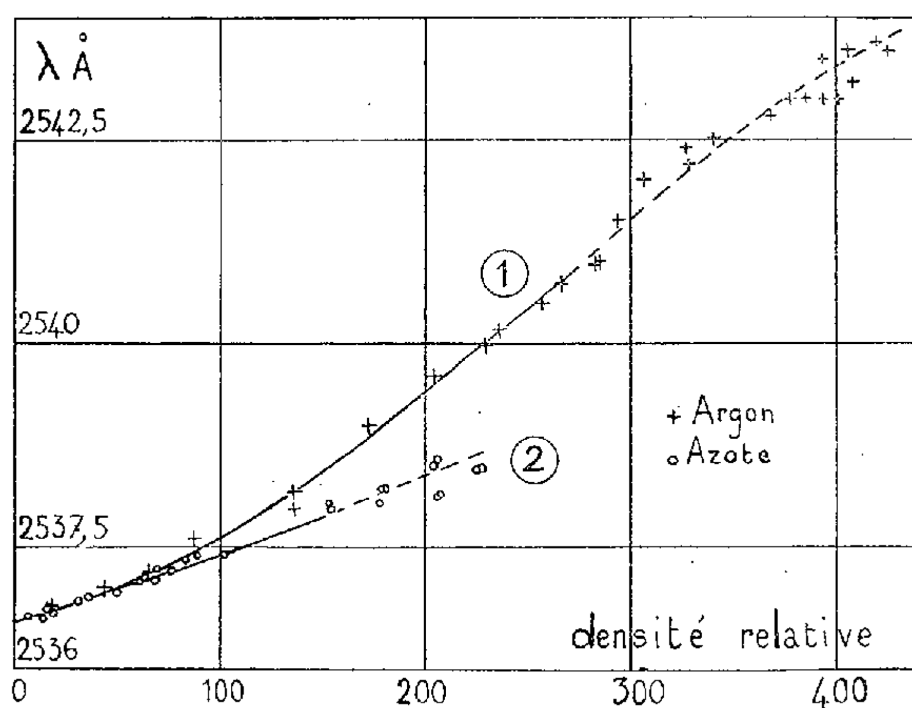


Fig. 1.

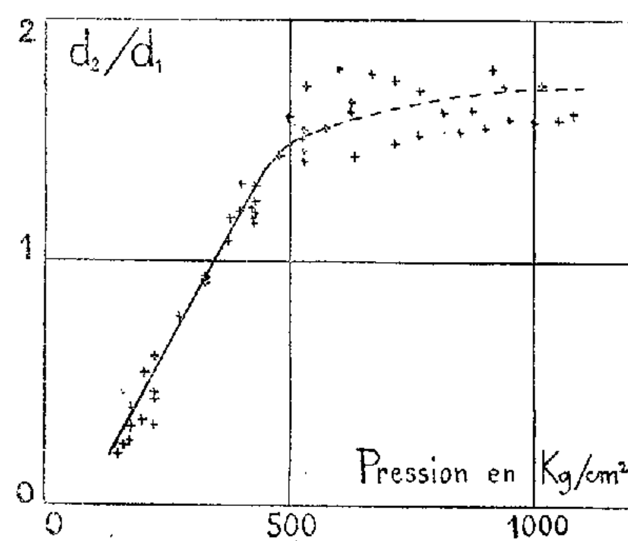


Fig. 3.

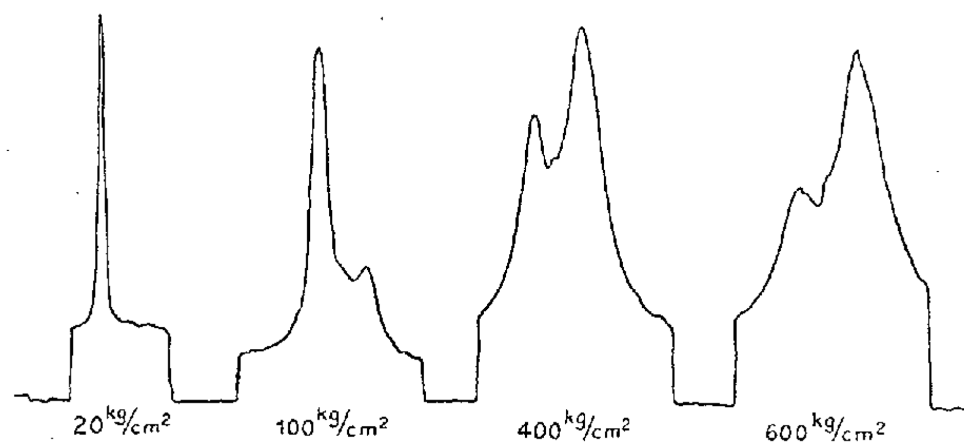


Fig. 2.

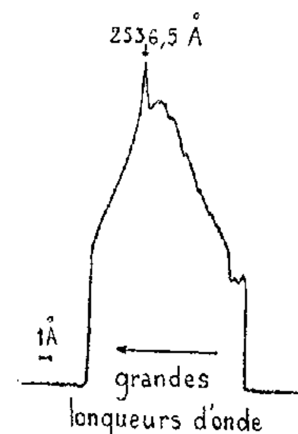


Fig. 4.

sur elle-même lorsque la pression croît. La faible dispersion de notre spectrographe ne nous permettant pas de suivre ce phénomène ni de déceler une bande satellite qui pourrait être très voisine, ces mesures sont à reprendre avec un appareil plus dispersif; la figure 4 représente un enregistrement microphotométrique de la raie à 95° C et 450 kg : cm² sur lequel on a superposé la raie non perturbée en absorption.

Les courbes de la figure 1 concordent parfaitement à basse pression avec celles obtenues par les auteurs antérieurs ([1]). Avec l'argon, on note une courbure significative de la prédominance de la théorie statistique sur la théorie des chocs vers une densité relative de 50 comme le prévoyait Margenau ([2]). Cependant, si l'on compare le déplacement du maximum dans l'échelle des fréquences avec la formule de Margenau ([2]) qui prévoit un déplacement quadratique en fonction de la densité relative de A, on constate que la courbe expérimentale ne peut pas être représentée par une loi parabolique quelle que soit la valeur numérique adoptée pour la constante b des

forces de Van der Waals (Burkhardt, Lindholm) entre atomes de Hg et A. Comme nous l'avons déjà suggéré ([3]), l'écart est peut-être imputable à l'action des forces répulsives dont on ne tient pas compte dans la théorie de Margenau. Les bandes satellites furent déjà observées à basse pression vers 2 526 Å avec l'argon (Oldenberg) ([4]) et 2 530 Å avec l'azote (Rühmkorf), mais toujours comme des bandes très faibles. On les a attribuées à des transitions dans la région répulsive des courbes d'énergie potentielle entre atomes de Hg et A ([5]); l'énorme accroissement d'intensité de ces bandes sous haute pression vient à l'appui de cette théorie, puisque la pression, par suite du rapprochement des particules, augmente la probabilité de ces transitions.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption du benzène à l'état vapeur et à l'état condensé dans l'ultraviolet lointain.* Note de MM. **Jacques Romand** et **Boris Vodar**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les auteurs donnent les résultats quantitatifs qu'ils ont obtenus dans l'étude du spectre du benzène à l'état vapeur et du benzène à l'état solide dans la région de Schumann et tirent de ces données quelques éléments d'interprétation nouveaux.

Pour compléter les données existantes sur le benzène nous avons étudié quantitativement le spectre de la vapeur dans la région 2100 — 1600 Å au moyen de l'appareillage précédemment décrit ([1]).

La courbe 1 de la figure ci-contre représente le logarithme décimal du coefficient d'extinction normal K_N en fonction de λ, la précision variant de 5 à 10 % suivant la région spectrale. Comme dans le cas du solide, nous n'avons étudié que les principaux maxima des bandes diffuses situées vers 1990 Å. On remarquera qu'elles sont 13 à 15 fois moins intenses que la bande continue dont le maximum est à 1780 Å ($K_N = 3800$ pour ce maximum). Enfin nous avons bien observé dans la région de 1790 Å les premières bandes des séries de Rydberg ([2]).

Pour l'étude du benzène solide nous avons utilisé le cryostat décrit par ailleurs ([3]); avec l'azote liquide comme réfrigérant, un éjecteur de 17/100 mm de diamètre et 16 mm de longueur placé à 30 mm de la fenêtre, et une pression de 5 mm Hg en amont, il faut de 4 à 10 mn pour former une couche convenable.

([4]) Nous n'avons pas observé avec l'argon la deuxième bande vers 2532 Å qui doit être comprise dans l'élargissement de la raie principale et de la bande 2526 Å.

([5]) W. M. Preston, *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 298.

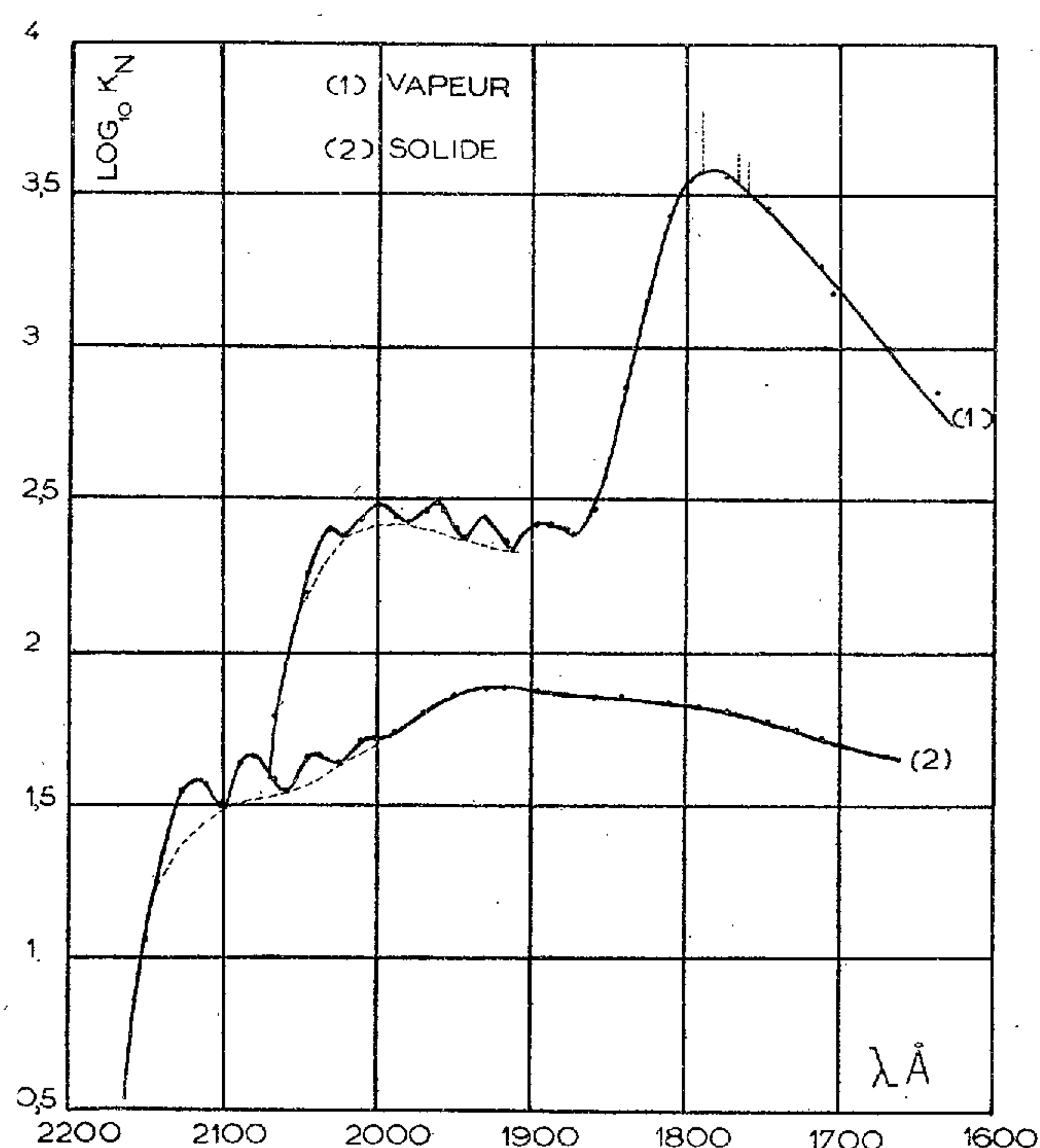
([1]) J. Romand, *Ann. Phy.*, 4, 1949, p. 529.

([2]) W.-C. Price et A.-D. Walsh, *Proc. Roy. Soc.*, 191, 1947, p. 22.

([3]) J. Romand et B. Vodar, *J. Phys.*, 12, 1951, p. 631.

Nous avons observé que les impuretés provenant du dégazage des parois ne gênent pas sensiblement les mesures.

La courbe 2 de la figure représente $\log_{10} K_N$ en fonction de λ (avec $K_N = \varepsilon/22,4$). Le calcul a été fait, en toute première approximation, en admettant que la répartition suit la loi de Lambert et que toutes les molécules parvenant sur la fenêtre sont condensées. Divers contrôles de l'épaisseur et de la structure de la couche sont envisagés.



Nous remarquerons que le système de bandes diffuses situé du côté des grandes longueurs d'onde subit un déplacement vers les basses fréquences de 1970 ± 10 cm^{-1}. Pour la vapeur ces bandes se groupent sur une courbe dont le maximum est situé vers 1990 Å. Un tel maximum n'existe plus pour le solide (courbes en pointillé) probablement par suite de la présence de la bande voisine. Celle-ci, très aplatie, a son maximum vers 1920 Å. Si l'on admet qu'elle correspond à la bande de 1780 Å de la vapeur, cette dernière subit un déplacement de 4100 ± 100 cm^{-1} vers les basses fréquences en même temps qu'elle se déforme considérablement. Enfin les bandes étroites qui se trouvaient dans la région de 1790 Å ont disparu. Il est probable que le passage à l'état cristallin entraîne un élargissement de ces bandes, et si l'on remarque que dans le spectre de la vapeur leur intensité n'était pas très supérieure à celle de la bande continue, il n'est pas impossible que ceci suffise à les faire disparaître en apparence. Par ailleurs si elles étaient réellement disparues ou au moins

avaient subi un très fort déplacement (les faisant sortir du champ de la plaque), on aurait un argument en faveur de leur indépendance par rapport à la bande continue de 1780 Å ([4]).

Le comportement nettement différent des deux bandes (1780 Å et 1990 Å) lors de la condensation semble montrer que deux transitions différentes interviennent. La bande de 1780 Å se déplace et se déforme beaucoup; les bandes diffuses de 1990 Å se déplacent sans beaucoup se déformer; enfin le déplacement observé pour les bandes de 2600 Å est faible ([5]). L'état de base ($^1A_{1g}$) est donc probablement peu modifié par le passage à l'état solide, et il est à présumer que l'état excité correspondant à la bande continue de 1780 Å est d'une nature nettement différente, les potentiels d'interaction avec les molécules voisines du cristal étant très différents de ceux des molécules à l'état de base ou aux états moins excités correspondant aux autres transitions : $^1B_{2u}$, $^1B_{1u}$ ([6]). D'autre part, dans nos conditions expérimentales nous n'avons pas de région d'absorption à des longueurs d'onde plus courtes; on peut donc penser que cette bande correspond à la transition qui est à l'origine de la dissociation déjà signalée ([7]) et qui s'est manifestée à nous par l'apparition sur les fenêtres d'un dépôt optiquement neutre.

D'autres éléments d'information intéressants pourraient être obtenus à partir d'une étude analogue des dérivés substitués du benzène; enfin l'étude à des températures encore plus basses permettrait peut-être de lever l'indétermination subsistant au sujet des bandes étroites de 1790 Å.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Le mécanisme de l'amorçage de l'étincelle électrique dans les gaz comprimés.* Note de M. **André Boulloud**, présentée par M. Frédéric Joliot.

De récentes recherches sur les courants prédisruptifs dans les gaz comprimés ont permis de proposer un nouveau mécanisme de l'amorçage affranchi des objections soulevées par l'extension des anciennes théories et rendant compte des faits expérimentaux.

Pour expliquer les écarts considérables par rapport à la loi de Paschen observés dans les gaz comprimés, on avait envisagé depuis longtemps l'existence d'importants courants prédisruptifs, dus à l'émission froide de la cathode sous l'effet du champ électrique ([1]). Des expériences

---

([4]) R.-S. Mulliken, *J. Chem. Phys.*, 7, 1939, p. 20-353.

([5]) H. Sponer, G. Nordheim, A.-L. Sklar et E. Teller, *J. Chem. Phys.*, 7, 1939, p. 217.

([6]) C.-C.-J. Roothaan et R.-S. Mulliken, *J. Chem. Phys.* 16, 1948, p. 118.

([7]) E.-P. Carr et H. Stücklen, *J. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 55.

([1]) O. Zeier, *Ann. Physik*, 14, 1932, p. 415-447.

récentes ([2]), et notamment la mesure des courants prédisruptifs dans CO_2 ([3]) et l'air ([4]), ont pleinement confirmé cette hypothèse.

On envisageait généralement que ces courants, émis par des centres de superficie restreinte ([5]), modifiaient suffisamment la répartition du champ, par leur charge d'espace, pour rendre compte des phénomènes observés dans le cadre des théories classiques de l'amorçage. Or, si l'on calcule à l'aide des tables de α/p de Sanders ([6]) pour l'air l'importance des avalanches électroniques engendrées par des électrons issus de la cathode, on trouve dans les conditions disruptives, et dans l'hypothèse d'un champ uniforme, des valeurs de $\exp\int \alpha dx$ de l'ordre de une à quelques unités au plus, au lieu de l'ordre de 10^8 à la pression atmosphérique. D'autre part, les courants prédisruptifs mesurés dans l'air comprimé à 50 atm, entre plateaux d'une dizaine de centimètres carrés de surface écartés de moins de 1 mm, sont en général de l'ordre de 10^{-8} à 10^{-7} A juste avant l'apparition du phénomène d'instabilité qui précède l'étincelle. Même en admettant la concentration de ces courants en faisceaux très déliés, il est peu vraisemblable qu'ils puissent perturber suffisamment le champ pour obtenir, avec les différences de potentiel appliquées, des avalanches appréciables. La théorie de Meek ([7]), faisant appel à la charge d'espace des ions positifs laissés derrière elle par l'avalanche principale, et au développement autour de celle-ci d'avalanches secondaires nées de la photoionisation du gaz, devient ainsi indéfendable. On se heurte à la même difficulté lors des tentatives d'extension de la théorie de Townsend. Celle-ci est basée sur la croissance démesurée des courants prédisruptifs du fait de l'existence de phénomènes secondaires (chocs d'ions positifs, effet photoélectrique, etc.) libérant des électrons à la cathode, et dont le rendement se représente par un coefficient γ. Pour expliquer par ces seuls mécanismes l'amorçage dans les gaz comprimés, on est conduit à des valeurs de γ inusitées et énormes, que l'on ne parvient guère à interpréter que par des hypothèses *ad hoc* ([8]), en dépit de l'appoint apporté par les électrons d'émission froide au nombre de collisions ionisantes dans le gaz.

Or les mesures de courants prédisruptifs ([4]) ont montré que ceux-ci, au voisinage de l'étincelle, croissaient plus vite que ne le veut la loi d'émission froide, compte tenu de la faible amplification due à l'ionisation par

---

([2]) N. J. Félici et Mlle Y. Marchal, *Rev. Gén. Electr.*, 57, 1948, p. 155-162.
([3]) D. R. Young, *J. Appl. Phys.*, 21, 1950, p. 222-231.
([4]) A. Boulloud, *J. Phys. Rad.* (à paraître).
([5]) R. A. Millikan et C. F. Eyring, *Phys. Rev.*, 27, 1926, p. 51-67.
([6]) *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 1020-1024.
([7]) *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 722-728.
([8]) F. Llewellyn Jones et C. G. Morgan, *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 970-971.

chocs. Cette augmentation est celle que provoquerait, du fait de l'émission froide elle-même, un accroissement local du champ sur la cathode de l'ordre de 10 à 20 %. Nous avons envisagé la réalité d'un tel accroissement, en l'attribuant à la perturbation du champ par les densités de charges spatiales dues aux courants prédisruptifs, lesquels, en dépit de la faiblesse de $\exp\int \alpha\,dx$ sont transportés pour une fraction non négligeable par des ions positifs. Certes, cette perturbation est incapable d'augmenter considérablement $\exp\int \alpha\,dx$, mais l'ordre de grandeur des concentrations ioniques qu'elle requiert est parfaitement compatible avec celui des courants mesurés et avec les estimations de l'aire des centres émetteurs (9) déterminant la section des faisceaux de courant. Quand la tension s'accroît, ces phénomènes prennent une allure cumulative, l'augmentation du courant réagissant sur la perturbation du champ et l'émission froide. Les courants deviennent instables, et ils croîtraient au delà de toute limite si un réarrangement (étincelle) n'intervenait.

Les recherches récentes permettent ainsi d'interpréter les résultats expérimentaux à l'aide d'un mécanisme simple, ne faisant appel qu'à des phénomènes bien connus, et qui rend compte de l'ordre de grandeur des faits observés.

PHOSPHORESCENCE. — *Stimulation par l'infrarouge de la phosphorescence de substances luminescentes à base d'oxyde de calcium.* Note (*) de MM. **Joseph Janin**, **Albert Crozet** et **Pierre Clerc**, présentée par M. Jean Cabannes.

1° *Mode opératoire.* — Les substances phosphorescentes à base de chaux, qui font l'objet de cette étude, sont préparées à partir de carbonate de calcium pur. On introduit les activateurs sous forme de solution saline (acétate de plomb, chlorure cuivrique ou chlorure de manganèse). Le carbonate et le sel du métal activateur sont ensuite desséchés à l'étuve pendant une journée à la température de 110°, puis mélangés très intimement par brassage continu pendant 12 h. La substance est alors chauffée dans l'air au four électrique à 1120° environ pendant 1 h 30 mn; elle est enfin refroidie lentement. On obtient ainsi de l'oxyde de calcium phosphorescent contenant comme activateurs soit l'un des trois métaux cuivre, plomb, manganèse, soit à la fois cuivre et manganèse ou plomb et manganèse.

La stimulation par l'infrarouge de la phosphorescence de ces produits

---

(9) F. Llewellyn Jones et E. T. de la Perrelle, *Nature*, 168, 1951, p. 160-161.

(*) Séance du 15 octobre 1951.

est étudiée par la méthode photographique. On utilise comme source de radiations infrarouges une lampe à ruban de tungstène Philips de 100 W, dont l'émission visible est interceptée par un filtre Corning 2 540. Un monochromateur Leiss permet d'obtenir un rayonnement grossièrement monochromatique (intervalle spectral de 1000 Å environ). L'image infrarouge de la fente de sortie du monochromateur est formée sur un cylindre d'axe vertical animé d'un mouvement de rotation uniforme de vitesse 2 t : h, sur la circonférence duquel est fixé le corps phosphorescent. Afin d'éviter toute attaque de la chaux par la vapeur d'eau et le gaz carbonique atmosphériques, le cylindre est placé dans une enceinte transparente fermée contenant de l'air pur et sec. On projette en un point de la bande phosphorescente l'image d'une lampe à vapeur de mercure basse pression, dont l'émission est essentiellement constituée par la radiation 2 537 Å. La stimulation est produite 20 mn après l'excitation; la phosphorescence est alors suffisamment affaiblie pour qu'on obtienne un bon contraste. On photographie la surface luminescente où est projetée l'image infrarouge de la fente du monochromateur. Un filtre convenable est disposé devant l'objectif afin d'isoler un domaine spectral déterminé. L'examen des clichés fait apparaître une bande impressionnée due à la lumière de phosphorescence sur laquelle se détache très nettement l'image de stimulation beaucoup plus intense.

La longueur d'onde du rayonnement stimulateur est comprise entre 1,6 μ et 0,90 μ. Il n'a pas été possible d'utiliser des radiations de longueur d'onde plus courte, car leur absorption par le filtre est considérable et, si l'on supprime ce dernier, les radiations visibles deviennent gênantes. On n'observe aucune stimulation quand la longueur d'onde dépasse 1,6 μ. Le flux d'énergie est maintenu constant dans toutes les expériences en agissant sur la tension aux bornes de la lampe. Les enregistrements photographiques sont réalisés, soit sur plaques Lumière Super-Panchro, soit sur plaques Guilleminot Super-Fulgur suivant le domaine d'émission du corps étudié. L'étalonnage de ces plaques est effectué pour plusieurs longueurs d'onde.

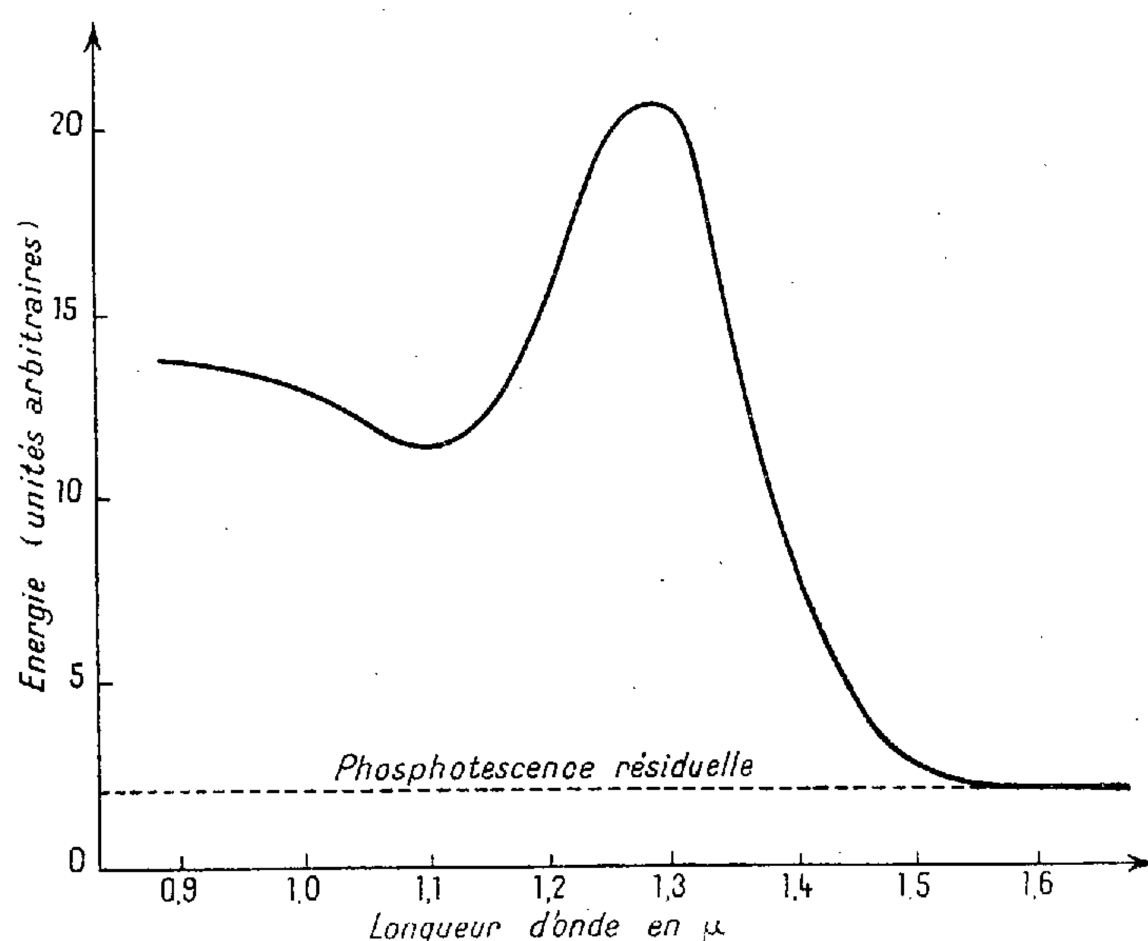
2° *Résultats.* — La chaux contenant du cuivre ou du manganèse comme seul activateur ne présente pas de stimulation visible. Celle-ci est, au contraire, intense par activation au plomb ou à l'un des couples de métaux Cu-Mn et Pb-Mn.

La lumière émise a une couleur orangée dans le cas des corps activés au Cu-Mn. L'intensité de la luminescence visible stimulée croît avec la teneur en activateurs et atteint une valeur maximum pour une concentration 0,1 % Mn et 0,01 % Cu.

La chaux activée par le plomb et le manganèse présente une stimulation particulièrement intense. La concentration optimum est obtenue en introduisant 3 % de Pb et 0,1 % de Mn. Les corps à forte teneur en manga-

nèse ont une phosphorescence orangée, dont l'intensité diminue en même temps que la concentration de ce métal. Quand on utilise le plomb seul, la teinte de la luminescence stimulée est violacée.

Le spectre de stimulation présente dans tous les cas un maximum très accusé pour la radiation $\lambda = 1{,}3\ \mu$, ainsi qu'un deuxième maximum plus aplati situé probablement vers la limite du spectre visible. On a reproduit à titre d'exemple sur la figure la courbe donnant la variation de l'intensité de la luminescence orangée émise par le corps CaO—3 % Pb—0,1 % Mn en fonction de la longueur d'onde des radiations stimulatrices.



On sait que les produits phosphorescents à base d'oxyde de calcium émettent également une bande ultraviolette. Schellenberg [1] a d'ailleurs trouvé que cette émission ultraviolette dépendait peu de la nature de l'activateur. Les enregistrements faits sur plaques Super-Fulgur montrent que la bande ultraviolette est également stimulée par l'infrarouge et que le spectre de stimulation correspondant est voisin de celui que représente la figure.

Étant donné la similitude des spectres de stimulation obtenus avec les différentes substances étudiées, il est vraisemblable que le réseau de base joue un rôle important dans le phénomène. L'analyse des spectres d'excitation et d'émission, qui est actuellement en cours, permettra probablement de préciser ce rôle.

---

(1) *Ann. Physik*, **11**, 1931, p. 94-102.

RAYONS X. — *Sur la largeur des raies* Kα *des éléments* 37 Rb *à* 50 Sn. Note de M. **Bhaskar Gangadhar Gokhale**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans une Note antérieure ([1]) j'ai décrit un spectrographe à cristal courbe par transmission de 1 m de rayon, et discuté les moyens qui m'ont permis d'obtenir un pouvoir de résolution plus grand que celui du spectromètre à double cristal de Allison ([2]). Avec ce spectrographe, en utilisant la méthode photographique-photométrique, j'ai pu mesurer les largeurs des raies Kα_1 et Kα_2 des éléments 37 Rb à 50 Sn (à l'exception de 43 Tc) sensiblement plus petites que celles obtenues par Allison.

La méthode de mesure a été antérieurement décrite ([3]). Le tableau ci-dessous donne les largeurs que j'ai mesurées, comparées avec celles de Allison ([4]).

	Raie Kα_1.				Raie Kα_2.			
	$\Delta\lambda$ (UX).		ΔV (eV).		$\Delta\lambda$ (UX).		ΔV (eV).	
Élément.	Gokhale.	Allison.	Gokhale.	Allison.	Gokhale.	Allison.	Gokhale.	Allison.
37 Rb....	0,303	–	4,39	–	0,333	–	4,79	–
38 Sr....	0,298	0,35	4,83	5,7	0,298	0,36	4,79	5,8
39 Y.....	0,282	–	5,10	–	0,288	–	5,16	–
40 Zr....	0,273	0,33	5,49	6,6	0,298	0,35	5,93	6,9
41 Nb....	0,268	0,33	5,97	7,4	0,273	0,31	6,02	6,9
42 Mo....	0,260	0,29	6,42	7,2	0,273	0,32	6,66	7,7
44 Ru....	0,238	0,29	7,15	8,7	0,247	0,29	7,32	8,6
45 Rh....	0,238	0,29	7,86	9,5	0,243	0,29	7,91	9,4
46 Pd....	0,233	0,28	8,44	10,1	0,235	0,29	8,39	10,3
47 Ag....	0,229	0,28	9,09	11,1	0,240	0,29	9,38	11,3
48 Cd....	0,230	–	9,98	–	0,235	–	10,03	–
49 In....	0,220	–	10,42	–	0,231	–	10,75	–
50 Sn....	0,216	–	11,15	–	0,242	–	12,27	–

L'erreur probable sur les valeurs que j'ai obtenues est de 0,005 UX pour la largeur de la raie Kα_1, et de 0,010 UX pour la raie Kα_2. La mesure de la largeur de Kα_2 faisant intervenir, dans la méthode employée, la largeur Kα_1, l'erreur est plus grande sur Kα_2 que sur Kα_1.

1° Les largeurs que j'ai mesurées et qui n'ont subi aucune correction sont sensiblement et systématiquement plus petites que celles obtenues par Allison, avec un spectromètre à double cristal. Ces résultats mettent en évidence la supériorité du spectrographe à cristal courbe sur le spectromètre à double cristal.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1086.

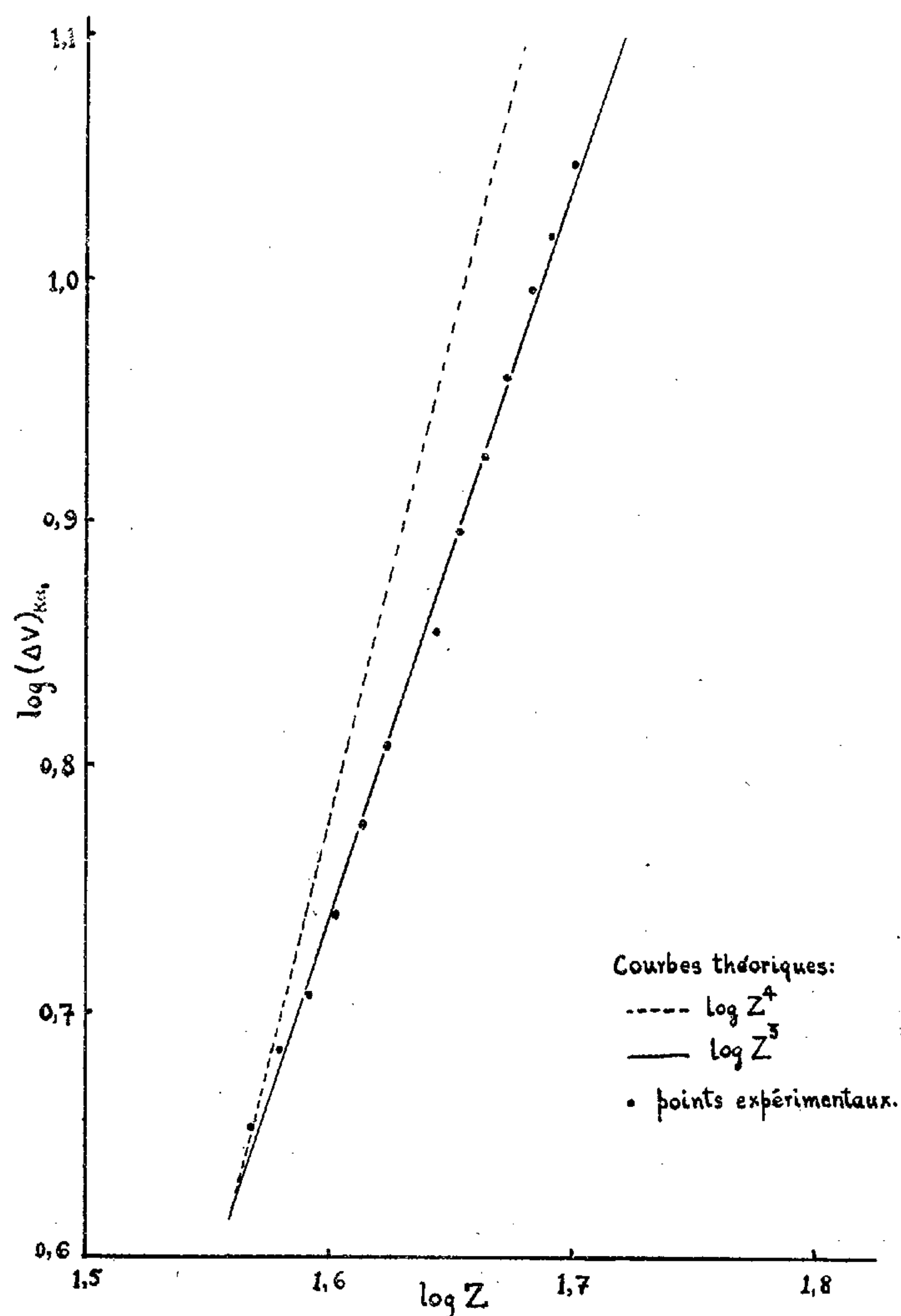
([2]) Williams et Allison, *J. Opt. Soc. Amer. et R. S. I.*, **18**, 1929, p. 473.

([3]) B. G. Gokhale, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 169.

([4]) *Phys. Rev.*, **44**, 1933, p. 63.

2° Les raies $K\alpha_2$ sont plus larges que les raies $K\alpha_1$. Allison avait trouvé à cette règle une exception pour 41 Nb que mes mesures n'ont pas confirmée.

3° Conformément à la théorie, la largeur de la raie $K\alpha_1$, exprimée en électron-volts, augmente avec le nombre atomique. Toutefois, les résultats que j'ai obtenus concordent très bien avec une croissance en Z^3, tandis que les calculs



théoriques de Margenau (5) avaient prévu une loi en Z^4. Ce désaccord est attribuable au fait que ces calculs négligeaient l'influence des transitions Auger. En tenant compte de ces transitions, Kichenassamy (6) a pu montrer que dans la région de $Z = 36$ à $Z = 52$, la largeur doit en effet croître en Z^3.

(5) *Phys. Rev.*, **47**, 1935, p. 89.
(6) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1074.

4° En fonction des différents effets d'élargissement dus au spectrographe que j'ai utilisé, j'ai calculé (7) les corrections à retrancher des largeurs mesurées pour obtenir les largeurs vraies. Ces corrections varient de 0 à 8 % selon les hypothèses faites sur la répartition de l'énergie dans une raie. Cette répartition est convenablement représentée par diverses formules entre lesquelles il est difficile de faire un choix, et j'ai préféré donner, sans corrections, les résultats expérimentaux obtenus.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Détermination de la courbe parcours-énergie du lithium dans les émulsions nucléaires.* Note (*) de MM. **Pierre Cüer** et **Jean-Pierre Lonchamp**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le calcul théorique direct du parcours du Li^7 dans le domaine où les trois charges sont graduellement masquées par les électrons ($0 < E < 12$ MeV) n'est pas du tout satisfaisant, en raison de l'absence d'un modèle très précis pour les captures électroniques. Nous avons abordé le problème en comparant quantitativement les mécanismes statistiques de capture pour des ions de charge 3 et 2.

Les courbes obtenues sont en bon accord avec les quelques points expérimentaux connus aux faibles énergies et avec les données des cosmiciens sur l'amincissement des fragments de charge 3. Ces courbes présentent un certain intérêt pour l'interprétation des phénomènes nucléaires aux grandes énergies, nous croyons leur incertitude inférieure à 5 %.

Nous calculons les parcours du Li_3 en fonction des parcours connus de He_2^4 au moyen de la relation de Blackett relative à deux ions de même vitesse. Dans le domaine des faibles énergies, les charges ioniques sont essentiellement variables; nous déterminons donc, dans chaque intervalle, une valeur moyenne de chacune des charges, que nous portons respectivement dans la formule de Blackett.

On peut calculer le rapport de la charge d'un ion à celle du noyau correspondant en fonction de la vitesse de l'électron le moins fortement lié; cette vitesse est du même ordre que la vitesse de l'ion. Dans le cas de Li_3, nous avons ajusté leur rapport à la valeur 0,9, en interpolant les résultats expérimentaux relatifs à He_2^4 et aux ions plus lourds (1). De 6 à 1 MeV, la charge moyenne de Li décroît rapidement de 2,88 à 2. Une intégration graphique en fonction de v fournit la moyenne du carré de la charge lorsque la vitesse décroît d'une valeur v à une valeur limite $v_0 = 1,1 . 10^8$ cm.sec^{-1}.

---

(7) B. G. Gokhale, *Thèse*, Paris, 1950.

(*) Séance du 15 octobre 1951.

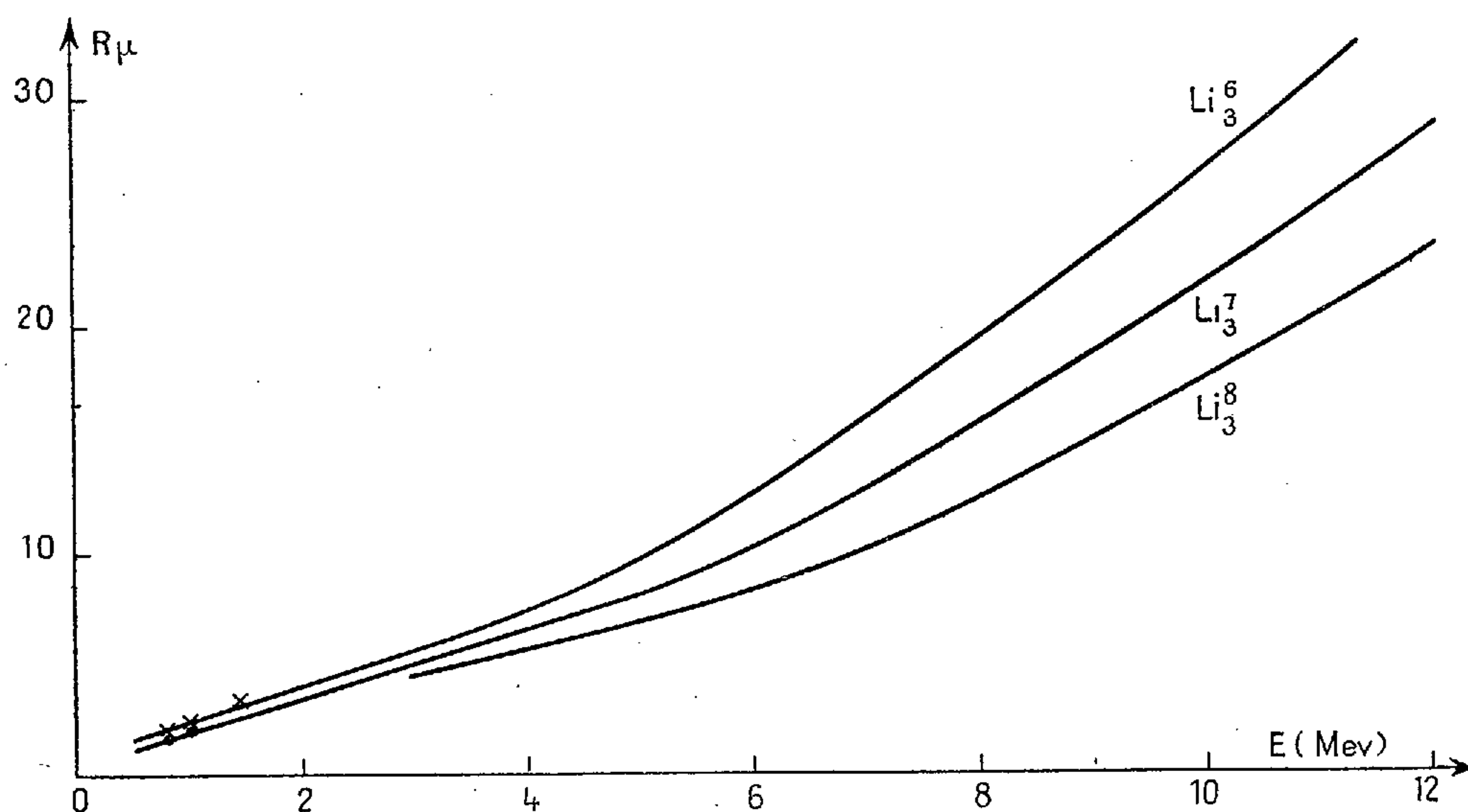
(1) Knipp et Teller, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 659.

A cette vitesse v_0, le freinage par interaction électronique n'est plus que trois fois supérieur au freinage nucléaire (ce rapport augmente rapidement et atteint 20 pour $v = 2v_0$).

Grâce aux données de Kapitza dans l'air, on connaît la courbe de la moyenne des carrés de la charge pour les α en fonction de v; on opère comme pour Li.

Le rapport $R_{Li(v)}/R_{\alpha(v)}$, très voisin de 1 pour $v = 3v_0$, diminue lentement quand v croît; il atteint 0,88 pour $v = 1,7.10^9$ cm.sec^{-1}. Quelques auteurs (²), (³) ont proposé l'approximation d'un rapport constant égal à 1 qui entraîne donc une erreur systématique supérieure à 12 % dans ce domaine.

R_{Li} dans l'air peut être déduit ainsi de la courbe R_α de Jesse-Sadauskis et Bethe. De nombreux résultats expérimentaux ont montré que le processus de perte et gain d'électrons était largement indépendant du milieu traversé (⁴). Il en résulte que les valeurs $R_{Li(v)}/R_{\alpha(v)}$ calculées pour l'air



sont encore valables pour l'émulsion. A la suite de nos mesures sur les α de faible énergie (⁵), la courbe $R_\alpha = f(E)$ est bien connue jusqu'à $\sim$ 1,3 MeV. Les courbes que nous en déduisons seront de ce fait limitées à $\sim$ 2 MeV

(²) H. YAGODA, *Radioactive measurements with nuclear emulsions*, p. 337.

(³) H. FARAGGI, *Thèse*, Paris, 1950.

(⁴) Un travail très récent de Hall (*Phys.*, **79**, 1950, p. 504) a vérifié cette indépendance pour des Z jusqu'à celui de l'or, confirmant ainsi les résultats déjà anciens de Henderson. Briggs, Gerthsen.

(⁵) P. CÜER et J. P. LONCHAMP, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1824.

pour Li^6 et à ~ 3 MeV pour Li^7 et Li^8. L'extrapolation analytique de la courbe du Li^7 passe par les deux points expérimentaux à 1 et 0,84 MeV que nous avons déterminés par ailleurs (5). L'extrapolation de la courbe du Li^6, aux incertitudes statistiques près, passe par la série des points expérimentaux obtenus par Neuendorffer, Inglis et Hanna (6) dans le domaine de 1,4 à 0,8 MeV. Ces confirmations expérimentales aux basses énergies où le modèle utilisé risquait d'être trop grossier semblent donc très encourageantes. La longueur d'amincissement des traces, calculée d'après nos résultats sur les variations de la charge 3, serait de 8 μ environ, ce qui est en accord avec la courbe de Freier et autres (7), et les résultats extrapolés de Hoang et Morellet (8). Les pouvoirs d'arrêt obtenus sont très proches de ceux des α avec une décroissance très marquée aux faibles énergies.

La figure ci-contre donne les tracés pour Li^6, Li^7, Li^8 jusqu'à 12 MeV.

Les points expérimentaux de Cüer et Lonchamp (5) sont marqués ●, ceux de Neuendorffer, etc. (6) sont marqués ×.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Relation parcours-énergie des protons dans l'émulsion Ilford* C_2. *Nouvelles confirmations expérimentales d'un calcul antérieur.* Note de MM. **Léopold Vigneron** et **Maarten Bogaardt**, présentée par M. Frédéric Joliot.

De nouveaux points expérimentaux parcours-énergie, dans le domaine $0,2\,\text{MeV} < E < 0,6\,\text{MeV}$ viennent se placer exactement sur la courbe précédemment obtenue par le calcul (1).

D'autres points expérimentaux, nouveaux et plus précis, viennent se placer sur la courbe calculée dont ils étendent la validité de 5 à 8 MeV, au moins.

Nous avions précédemment montré (1) comment, en fonction de la composition d'une émulsion, il est possible de calculer le parcours des protons en fonction de leur énergie; à titre d'exemple, nous avions calculé une table $R = f(E)$ dans un cas particulier, celui de l'émulsion Ilford C_2.

Au-dessous de $E = 0,58$ MeV, nous ne disposions, à l'époque, d'aucun point, $R - E$, expérimentalement déterminé, qui aurait pu être comparé avec la courbe que nous avions calculée.

De plus, par comparaison avec des points expérimentaux dus à Lattès,

(6) *Phys. Rev.*, **82**, 1951, p. 75.

(7) Freier, Lofgren et Oppenheimer, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 1818.

(8) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 695.

(1) M. Bogaardt et L. Vigneron, *J. Phys.*, **11**, 1950, p. 652.

Fowler et Cüer ([2]), il nous avait semblé que la relation calculée commençait à diverger de l'expérience pour $E > 5$ MeV, aussi nous n'avions pas jugé utile de prolonger les calculs au delà de $E = 8$ MeV.

De nouvelles déterminations du parcours moyen des protons, en fonction de l'énergie, sont intervenues depuis :

1° N. Nereson et F. Reines ([3]) ont donné six nouveaux points expérimentaux R—E, chaque expérimentateur ayant fait les mesures indépendamment de l'autre.

2° J. Rotblat ([4]) a donné une table basée sur de nombreuses mesures expérimentales dont le détail n'est pas donné. A en juger d'après une publication antérieure ([5]), il ne semble pas qu'il aît déterminé de points expérimentaux au-dessous de $E = 0,69$ MeV. Tandis que Lattès et alias déterminaient l'énergie à partir des bilans énergétiques de diverses réactions nucléaires, Rotblat s'est affranchi de cette cause, mal connue, d'imprécision.

3° J. Catala et W. M. Gibson ([6]) ont donné une courbe E—R, pour des énergies supérieures à 5 MeV. Ils utilisent des bilans de réactions nucléaires plus récents et plus précis que ceux dont disposaient Lattès et alias; et surtout, travaillant toujours dans le vide, ils éliminent une cause d'erreur présente dans le travail de Lattès et alias, qui ne faisaient pas de différence entre des émulsions séchées par séjour dans le vide et des émulsions exposées à l'air atmosphérique, ordinairement assez humide en Angleterre.

Comparaison calcul-expériences. — Les grains d'argent terminant les traces sont irréguliers, la diffraction limite le pouvoir séparateur et les rend flous : il reste un résidu d'erreur personnelle et la mesure des parcours peut présenter des différences systématiques voisines de $\delta = 0,15\ \mu$ d'un expérimentateur à un autre ([7]). La courbe de Catala et Gibson ne se lit certainement pas à mieux que $\delta = 0,5\ \mu$ près.

Cette imprécision δ, dont les auteurs ([3]), ([4]), ([6]) n'ont pas tenu compte, doit évidemment être ajoutée à l'imprécision qu'ils annoncent.

Le tableau suivant résume la comparaison de notre calcul avec les nouveaux points expérimentaux, plus récents.

Aux basses énergies, les points de Nereson et Reines viennent se placer exactement sur la courbe prévue par nous ([1]).

La table de Rotblat, présentée en $E = f(R)$, *est pratiquement identique* à notre table, présentée en $R = f(E)$.

Les résultats de Rotblat, ceux de Catala et Gibson montrent qu'au-dessus

([2]) *Proc. Phys. Soc.*, **59**, 1947, p. 883.
([3]) *Rev. Sc. Instr.*, **21**, 1950, p. 534.
([4]) *Nature*, **167**, 1951, p. 550.
([5]) *Nature*, **165**, 1950, p. 387.
([6]) *Nature*, **167**, 1951, p. 551.
([7]) L. Vigneron, *Revue de Microscopie*, **2**, 1950, p. 26.

de 5 MeV notre calcul et l'expérience ne divergent pas du tout, comme nous l'avions cru; nous avons eu tort de nous limiter à 8 MeV.

L'emploi des fonctions de ralentissement $p_i(E)$ des différents éléments, publiées dans la table IV de notre article ([1]), permettrait d'obtenir, par un calcul rapide, la relation $R = f(E)$ pour une nouvelle émulsion, avec une excellente précision dans le domaine d'énergie : $0,2\ \text{MeV} < E < 8\ \text{MeV}$.

M. Bogaardt et L. Vigneron.

E (MeV).	R* (μ) expér.	δ.	R (μ) calcul.	R* — R.
0,22 (Nereson et Reines)....	1,85±0,2	±0,15	1,7	+0,15
	1,85±0,2	±0,15	1,7	+0,15
0,33 » »	3,15±0,2	±0,15	3,0	+0,15
	3,35±0,2	±0,15	3,0	+0,35
0,44 » »	4,7 ±0,2	±0,15	4,5	+0,2
	4,5 ±0,2	±0,15	4,5	0,0
0,64 » »	7,9 ±0,2	±0,15	7,8	+0,1
	7,6 ±0,2	±0,15	7,8	—0,2
1,00 » »	14,2 ±0,5	±0,15	14,5	—0,3
	15,0 ±0,5	±0,15	14,5	+0,5
1,48 » »	25,2 ±0,5	±0,15	25,6	—0,4
	25,5 ±0,5	±0,15	25,6	—0,1
0,79 (Rotblat)..............	10,0 ±0,05	±0,15	10,4	—0,4
1,27 »	20,0 ±0,1	±0,15	20,5	—0,5
2,32 »	50,0 ±0,25	±0,15	50,4	—0,4
3,59 »	100,0 ±0,5	±0,15	99,9	+0,1
4,61 »	150,0 ±0,75	±0,15	149,4	+0,6
5,48 »	200,0 ±1,0	±0,15	198,9	+1,1
7,01 »	300,0 ±1,5	±0,15	300,4	—0,4
8,07 »	380,0 ±1,9	±0,15	380,8	—0,8
5,2 (Catala et Gibson).......	183,0 ±0,9	±0,5	182,2	+0,8
6,2 » »	245,0 ±1,2	±0,5	244,4	+0,6
7,2 » »	313,5 ±1,6	±0,5	314,1	—0,6
8,2 » »	389,5 ±2,0	±0,5	391,0	—0,5

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la possibilité de corriger les lentilles magnétiques utilisées en spectrométrie* β. Note (*) de M. **Pierre Hubert**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La possibilité de corriger annulairement une lentille électronique magnétique au moyen d'éléments divergents placés sur l'axe a déjà été signalée par E. Persico ([1]) et G. Nadeau ([2]). Les calculs présentés par ces auteurs

(*) Séance du 15 octobre 1951.

([1]) *Rend. Lincei*, 7, 1950, p. 191.

([2]) *Rend. Lincei*, 10, 1951, p. 225.

envisagent le cas d'une lentille mince avec des éléments correcteurs situés en dehors du champ principal, ce qui conduit à des résultats théoriques intéressants, mais difficilement applicables en pratique.

Le but de la présente Note est de signaler une correction analogue dans le cas d'une lentille épaisse ou d'un champ uniforme lorsque l'on place un élément divergent de puissance convenable sur l'axe et au centre du système. En effet, si l'on suppose que le système admet un plan de symétrie perpendiculaire à l'axe, il est possible de montrer que la présence de l'élément divergent a pour conséquence de rapprocher de la source l'anneau de focalisation et que, lorsque ce dernier se trouve dans le plan de symétrie, on réalise le type de double focalisation avec image annulaire médiane dont l'intérêt a déjà été signalé par Slatis et Siegbahn (3), Bothe (4) et Grivet (5).

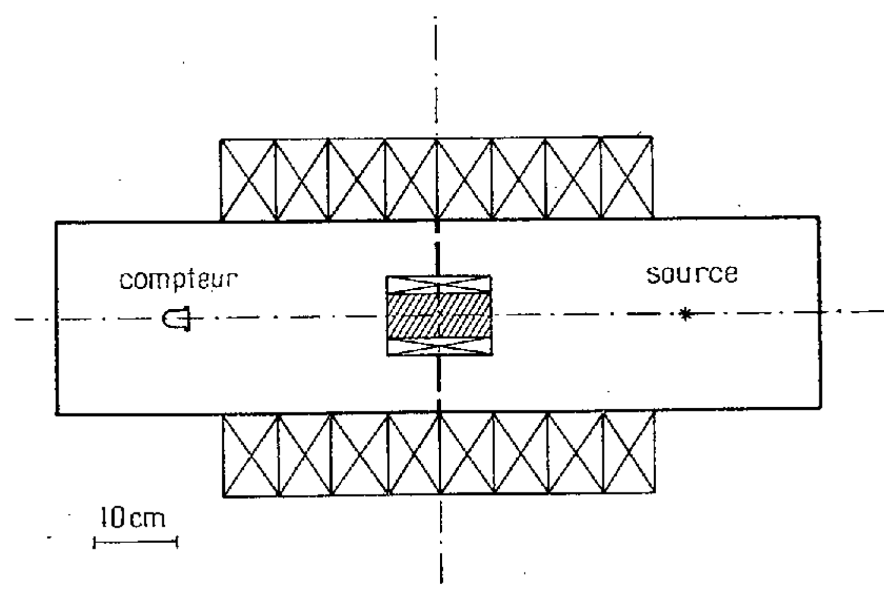


Fig. 1.

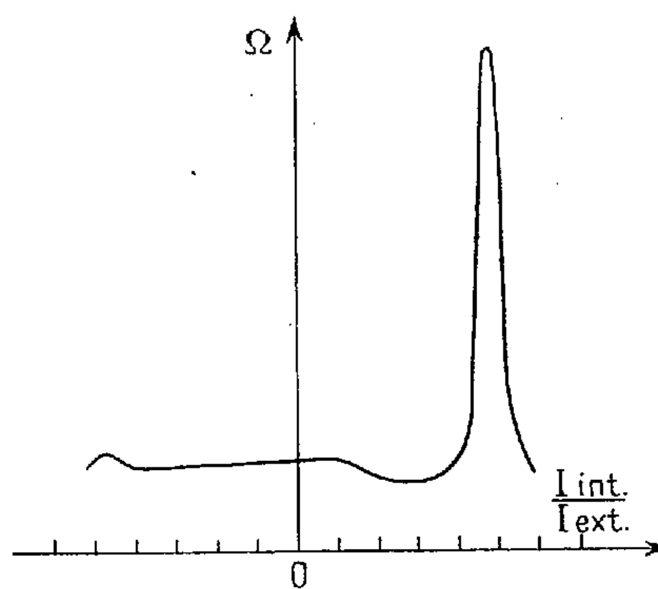


Fig. 2.

Le raisonnement initial a été contrôlé en calculant par la méthode habituelle d'approximations successives plusieurs trajectoires, dans le cas théorique simple d'un dipôle placé dans un champ magnétique uniforme parallèle à son axe. Ces calculs ont permis d'avoir une idée de l'ordre de grandeur du moment magnétique nécessaire pour assurer la correction. Ils ont montré, en outre, que dans le cas envisagé, la présence du dipôle modifiait assez peu la puissance de convergence du champ.

Une première vérification expérimentale a été effectuée en utilisant le spectromètre à lentille magnétique du Laboratoire de Synthèse Atomique d'Ivry (6) et en prenant comme élément correcteur une bobine sans fer placée sur l'axe. La figure 1 représente le dispositif avec la fente annu-

---

(3) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1955.
(4) *Naturwiss.*, 37, 1950, p. 41.
(5) *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 582 et 12, 1951, p. 1.
(6) P. HUBERT, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 763.

laire placée dans le plan de symétrie. On a étudié la luminosité de l'appareil en fonction du rapport des intensités dans les deux bobines, les mesures étant faites sur le sommet de la raie F du ThB. Les résultats obtenus sont portés sur la figure 2 où l'on remarque un pic très net correspondant à la correction recherchée.

D'autres mesures seront nécessaires pour déterminer avec précision les propriétés de ce nouveau type de spectromètre. Néanmoins, cette première expérience permet d'espérer qu'il pourra conjuguer les avantages de la focalisation annulaire médiane (grande luminosité et compteur de petites dimensions) avec ceux du spectromètre à lentille unique (économie d'ampère-tours).

L'élément correcteur divergent peut être constitué, soit par un bloc de fer doux s'aimantant sous l'influence du champ principal, soit par une bobine sans fer. La première solution permettrait, en modifiant la forme du bloc, de rechercher la combinaison la plus avantageuse, elle peut s'appliquer aux spectromètres de dimensions courantes utilisés actuellement. La seconde solution ne peut s'appliquer qu'à un spectromètre de grandes dimensions afin de ne pas atteindre des densités de courant trop fortes dans la bobine intérieure, elle permet d'envisager la réalisation d'un très grand spectromètre où la présence de fer serait à prohiber par suite de la faiblesse du champ magnétique nécessaire.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude du spectre alpha du radium.* Note de Mme **Geneviève Bastin-Scoffier**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons repris à l'aide du spectrographe du Grand Aimant à Bellevue [1] l'étude du spectre α du radium, en vue de confirmer l'existence d'une raie faible signalée récemment [2].

L'ordre de grandeur de son intensité (quelques millièmes de l'intensité de la raie principale) rendait nécessaire la préparation d'une source à la fois forte et homogène, pour laquelle nous avons employé une technique qui a déjà été préconisée pour la préparation des films minces homogènes.

La solution acide à pH 3 de Cl_2Ra contenant 1 mg Ra en 10 cm³ a été agitée tout d'abord [3] dans une ampoule à décantation avec un volume égal de solution chloroformique de dithizone à 0,1 g/l, en vue d'éliminer le Po et le Ra D qui passent sous forme de complexe non électrolyte dans la phase chloroformique.

Sur une lame d'Au épaisse (5/10 de millimètre) on délimite la surface à

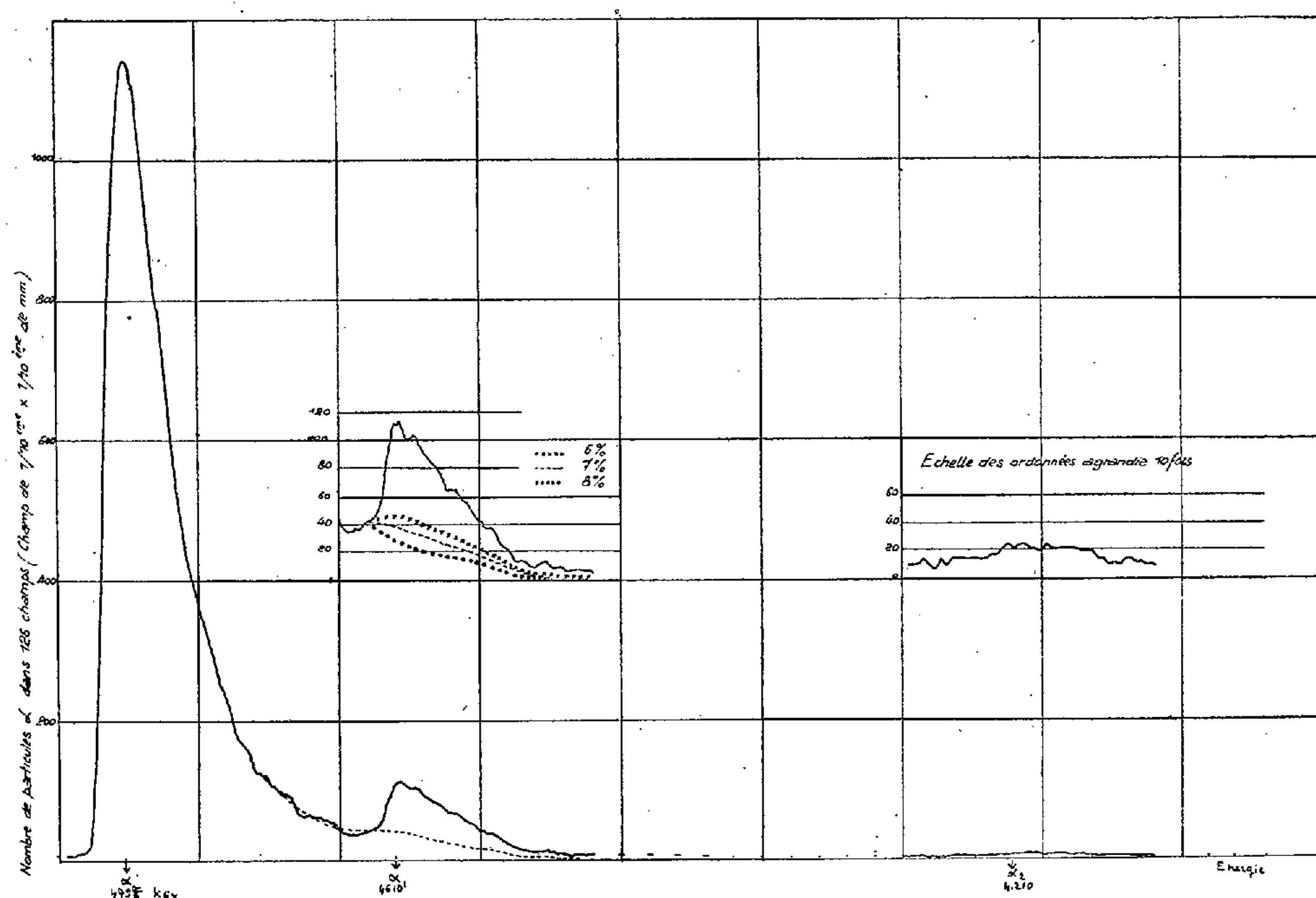
(1) S. Rosenblum, Valadares et Perey, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 385.

(2) Rosenblum, Guillot et Bastin-Scoffier, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 191.

(3) G. Bouissières et Ferradini, *Anal. Chim. Acta*, 4, 1950, p. 610.

activer en l'entourant de bandes de gomme laque en solution alcoolique à 1 % séchée à l'air. On évapore sur la lame quelques gouttes de la solution de chlorure de Ra préalablement concentrée en volume, en même temps qu'une goutte de tri- ou tétraéthylène glycol en solution dans l'eau à 10 %. En vue d'assurer un mélange des deux solutions, la lame est fixée à un agitateur mécanique maintenu sous une lampe à infrarouge de 500 ou 1 000 W à 3 ou 4 cm de celle-ci. L'eau s'évapore, on laisse ensuite la polymérisation s'effectuer par chauffage sous la lampe pendant une heure, puis on calcine au rouge dans la flamme d'un bec bunsen durant quelques secondes.

La source ainsi préparée a servi à des poses de 1 à 13 jours. Sur la pose de 13 jours la raie α_2 ressort très nettement, mais l'élargissement des raies, dû sans doute à l'épaisseur de matière de la source, est tel qu'elle se trouve gênée par la queue de α_1. On a recommencé avec la même source une pose



très courte, dans laquelle on a pu mesurer l'intensité de α_1. On a constaté qu'à intensité égale, la forme des raies α_1 dans la deuxième pose et α_2 dans la première était tout à fait comparable, ce qui a permis de préciser l'énergie de α_2 et d'évaluer son intensité par rapport à α_1, en tenant compte du rapport de durée des poses : on obtient pour α_2 3 % environ de α_1 ([4]), ([5]).

([4]) La théorie de Gamow ([5]) prévoit pour α_2 à 600 keV du Ra du côté des faibles énergies une intensité de 3.10^{-4}.

([5]) Gamow et Chritchfield, *Atomic Nucleus and Nuclear Energy Sources*, Oxford, 1949.

Des auteurs américains (6), (7) ayant trouvé une valeur un peu plus faible pour l'intensité de α_1, nous avons repris sur d'anciennes plaques le dépouillement statistique. L'amélioration des bancs optiques de dépouillement nous permet une exploration des plaques beaucoup plus précise et fidèle.

La courbe obtenue, qui correspond à l'exploration d'une plaque dans toute sa largeur donne une raie α_1 très séparée de α_0, mais un fond non négligeable entre les deux raies. Pour déduire l'influence du fond sur l'intensité de α_1, on a procédé par approximations successives et le tracé le plus vraisemblable donne pour α_1 une intensité 7, confirmant notre ancienne valeur (6,9), rapportée à $\alpha_0 = 100$, soit 6,5 % de l'intensité totale, chiffre qui reste encore supérieur à la valeur 4,8 % de l'intensité totale donnée par les auteurs cités.

Sur cette même courbe apparaît α_2 à sa place habituelle, séparée de α_0 d'environ 600 keV (valeur corrigée du recul).

Il nous semble intéressant de signaler que sur la courbe d'analyse des impulsions du Ra 226 des auteurs américains (7) il existe une indication sur le canal 2 correspondant à l'énergie de la raie α_2; il serait donc possible de confirmer l'existence de α_2 par la méthode des analyseurs d'impulsions. Remarquons d'ailleurs que α_2 concorde approximativement en énergie et intensité avec le groupe α_2 de Chang (8). Par contre, nous ne pouvons pas confirmer les autres groupes signalés par cet auteur.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Détermination des probabilités relatives de désintégration par capture K et émission de positons de ^{65}Zn à la chambre de Wilson.* Note de M. **John Keene Major**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Le rapport d'embranchement P_K/P_+ de ^{65}Zn a été mesuré dans une chambre de Wilson à pression réduite, en dénombrant les trajectoires des photoélectrons de la capture K et des positons. La valeur moyenne de 25 ± 10 est en bon accord avec la théorie de Fermi et pas avec la modification de Konopinski et Uhlenbeck, mais ne permet pas de préciser la nature de la transition.

Le ^{65}Zn de 250 jours (1) décroît, soit par capture K (2), 46 % des captures (3) aboutissant à un état métastable de ^{65}Cu qui émet un photon de 1,1 meV [(4) à (7)],

(6) Perlman et Ypsilantis, *Phys. Rev. U. S. A.*, 79, 1950, p. 30.
(7) Karraker Ghiorso et Templeton, *Phys. Rev. U. S. A.*, 83, 1951, p. 390.
(8) *Phys. Rev. U. S. A.*, 70, 1946, p. 632.

(1) J. J. Livingood et G. T. Seaborg, *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 457-463.
(2) L. W. Alvarez, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 486-497.
(3) W. M. Good et W. C. Peacock, *Phys. Rev.*, 69, 1946, p. 680 (A).
(4) E. N. Jensen, L. J. Laslett et W. W. Pratt, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 529 (L).
(5) E. N. Jensen, L. J. Laslett et W. W. Pratt, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 458-465.
(6) M. A. Waggoner, M. L. Moon et A. Roberts, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 420-428.
(7) K. C. Mann, D. Rankin et P. N. Daykin, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1719-1720 (L).

soit par émission de positons d'énergie maximum 0,3 meV [(7) à (9)]. Il pourrait y avoir aussi des rayons gamma plus mous [(7) à (10)], mais l'existence des photons de 0,2 meV suivant les positons (11) semble exclue par manque d'énergie disponible pour la transition (9).

La comparaison des mesures des probabilités relatives de désintégration par capture K et émission de positons avec les prévisions théoriques constitue un test simple de la théorie de la désintégration β, parce que le rapport d'embranchement P_K/P_+ est indépendant de l'élément de matrice nucléaire et de la constante de Fermi. Nous avons essayé de déterminer P_K/P_+ pour ^{65}Zn dans une chambre de Wilson, par énumération directe, d'une part des photoélectrons d'environ 8 keV dus aux rayons X de la capture K, d'autre part des positons. Le ^{65}Zn, fourni par l'United States Atomic Energy Commission en solution de $ZnCl_2$, était déposé sur une lamelle de mica de 0,9 mg : cm² et transformé en oxyde par hydrolyse, puis introduit dans une chambre de Wilson à pression variable (12) qui était saturée de la vapeur d'eau et remplie d'un mélange d'argon et d'air, d'abord à 76 cm de mercure, ensuite à 40 cm. Un champ magnétique a permis de distinguer les positons des électrons secondaires.

En examinant stéréoscopiquement les clichés, on s'est limité aux trajectoires visibles dans un angle horizontal de 90°, où l'on a compté tous les positons provenant de la source, mais seuls les photoélectrons entre 4,5 et 9 cm de la source. Nous avons estimé que dans ces conditions l'angle solide serait sensiblement le même pour les photoélectrons et les positons, et l'accord entre les deux séries d'expérience paraît justifier cette hypothèse. En tout, 367 photoélectrons et 115 positons ont été identifiés; pour arriver aux vraies captures, le nombre brut des photoélectrons était corrigé pour les intensités relatives des raies K_α et K_β des rayons X et leur absorption dans l'argon et l'air, le rendement de fluorescence, et la proportion des captures suivies par le photon de 1,1 meV (3).

Afin de comparer l'expérience avec la théorie, nous avons calculé P_K/P_+ d'après la théorie de Fermi (13), en employant l'interaction tensorielle pour les transitions interdites (14), et aussi selon la théorie de Konopinski et

(8) W. C. PEACOCK, J. W. JONES et R. T. OVERMAN, *Plutonium Project Record*, Mon-N-432, 1947, p. 56.

(9) W. SHOUPP, B. JENNINGS et W. JONES, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 421-423.

(10) Y. WATASE, J. ITOH et E. TAKEDA, *Proc. Phys.-Math. Soc. Japan*, 22, 1940, p. 90-105.

(11) R. A. COHN et J. D. KURBATOV, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 318 (A).

(12) F. JOLIOT, *J. Phys. Rad.*, série VII, 5, 1934, p. 216-218.

(13) E. FERMI, *Z. Physik*, 88, 1934, p. 161-177.

(14) R. BOUCHEZ, *Thèse*, Paris, 1950.

Uhlenbeck pour une transition permise [15]. Les résultats sont donnés dans la table, avec les valeurs expérimentales d'autres auteurs [3], [10], [16]. L'erreur probable est conservative, et provient surtout de l'incertitude des angles solides, de l'interprétation des trajectoires tracées par les positons en présence des électrons secondaires, de la statistique des trajectoires, et de l'efficacité de détection des captures K.

L'accord entre les valeurs expérimentales et la théorie de Fermi semble satisfaisant, mais la théorie de Konopinski et Uhlenbeck donne une valeur de P_K/P_+ nettement trop grande. Des expériences plus précises seraient nécessaires pour identifier le degré d'interdiction de la transition et pour choisir l'interaction qui joue.

$\frac{P_K}{P_+}$ *expérimental.*

Watase, Itoh et Takeda [10]	27
Good et Peacock [3]	24,0
Zumwalt [16]	18,8
Major	25 ± 10

$\frac{P_K}{P_+}$ *théorique.*

Transition.	Interaction.	Fermi.	Konopinski et Uhlenbeck.
Permise ($\Delta J = 0$ ou 1, $\Delta L = 0$)	$\lvert\beta\vec{\alpha}\rvert^2$	24,3	982
Une fois interdite ($\Delta J = 0$ ou 1, $\Delta L = 1$)	$\lvert\beta\vec{\sigma}\rvert^2$	30,8	–
	$\lvert\beta\vec{\alpha}\rvert^2$	24,3	–
	$\lvert\beta\vec{\sigma}\rvert\times\lvert\beta\vec{\alpha}\rvert$	27,4	–
Deux fois interdite ($\Delta J = 1$, $\Delta L = 2$)	$\lvert\beta\vec{\alpha}\rvert^2$	20,3	–

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Théorie de la largeur des raies de résonance nucléaire quadrupolaire de* ^{35}Cl. Note de M. **Yves Ayant**, présentée par M. Jean Cabannes.

Deux mécanismes différents produisent l'élargissement des raies de résonance nucléaire quadrupolaire [1] : les fluctuations du champ électrique inhomogène couplé avec le noyau, et l'interaction spin-spin. Nous avons fait une théorie de ce deuxième effet et nous avons confronté ses prévisions avec les résultats expérimentaux obtenus au laboratoire pour ^{35}Cl.

1. Soit un système de spins dont l'hamiltonien est $\mathcal{H} = \mathcal{H}^{(0)} + \mathcal{H}^{(1)}$ ($\mathcal{H}^{(1)}$ = interactions entre spins) et qui est étudié par excitation magnétique,

[15] E. J. Konopinski et G. E. Uhlenbeck, *Phys. Rev.*, **48**, 1935, p. 7-12.
[16] L. R. Zumwalt, *Plutonium Project Record*, Mon-N-432, 1947, p. 54.

[1] H. G. Dehmelt et H. Krieger, *Z. Physik*, **129**, 1951, p. 401.

c'est-à-dire qu'un champ magnétique HF, H_1 couplé aux spins nucléaires excite des transitions dans ce système grâce à un terme d'interaction $H_1 X$, X étant de la forme

$$X = \Sigma \xi_i I_+^i + \xi_i^* I_- \quad (I^i \text{ spin du } i^{\text{ième}} \text{ noyau}).$$

Par suite des interactions mutuelles décrites par $\mathcal{H}^{(1)}$ la raie de résonance possède une largeur finie et Van Vleck (2) a montré que

$$(1) \qquad 4\pi^2 \overline{\nu^2} = \frac{\mathcal{T}_\nu [\mathcal{H}X][\mathcal{H}X^*]}{\mathcal{T}_\nu XX^*}, \qquad \text{où} \quad [\mathcal{H}X] = \frac{1}{i\hbar}(\mathcal{H}X - \mathcal{H}X^*).$$

Comme on désire évaluer ν^2 pour les fréquences voisines d'une fréquence ν_0 de résonance d'un noyau isolé *seulement*, il faut employer les deux artifices suivants :

a. Suivant Van Vleck (2), débarrasser $\mathcal{H}^{(1)}$ de ses termes non séculaires.

b. Comme je l'exposai en détail ailleurs, ne garder dans X donc dans les $I_\pm$, que les termes associés aux transitions d'un noyau individuel correspondant à la fréquence étudiée ν_0. Ainsi le deuxième moment de la raie devient

$$(2) \qquad 4\pi \overline{\Delta\nu^2} = \frac{\mathcal{T}_\nu [\mathcal{H}^{(1)}, X][\mathcal{H}^{(1)}, X^*]}{\mathcal{T}_\nu XX^*}.$$

2. Nous appliquerons cette formule au cas de Cl^{35} dans $HCCl_3$ et p-$C_6H_4Cl_2$ (dans le premier nous n'avons tenu compte que des interactions entre noyaux de la même molécule, ignorant la structure cristalline de $HCCl_3$).

a. *Interaction* Cl-H. — Par suite de l'additivité du 2e moment, on est ramené à étudier le système ^{35}Cl-H.

En désignant Cl et H par les indices 1 et 2, on a

$$(3) \qquad \mathcal{H}^{(1)} = 4AI_z^1 I_z^2 + B(I_+^1 I_-^2 + qc) + 2C(I_z^1 I_+^2 + I_+^1 I_z^2) + qc + DI_+^1 I_+^2 + qc,$$

$$(4) \qquad A = -\frac{\gamma_1\gamma_2\hbar^2}{r^3}\,\frac{1}{2}P_2(\cos\theta) = -B,$$

$$C = -\frac{3}{4}\sin\theta\cos\theta\, e^{-i\varphi}, \qquad D = -\frac{3}{4}\sin^2\theta\, e^{-2i\varphi}.$$

r, θ, φ, coordonnées de H dans un système centré sur Cl, Oz étant dirigé le long de la liaison CCl.

On représentera matriciellement $\mathcal{H}^1$ et X en prenant comme base les états propres de I_z^1 et I_z^2, d'où les représentations (5) et (6) ci-contre.

De là, compte tenu de (4)

$$4\pi^2 \overline{\Delta\nu^2} = \frac{\gamma_1^2\gamma_2^2\hbar^2}{r^6}\left[\frac{3}{2}|P_2(\cos\theta)|^2 + \frac{9}{2}\sin^2\theta\cos^2\theta + \frac{9}{8}\sin^4\theta\right].$$

---

(2) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1168.

$$(5)\qquad H^{(1)} = \left|\begin{array}{cc|cc|cc|cc} 3A & 3C & & & & & & \\ 3C^* & -3A & & & & & & \\ \hline & & A & C & 2C & 2D & & \\ & & C^* & -A & 2B & -2C & & \\ \hline & & 2C^* & 2B & -A & -C & & \\ & & 2D^* & -2C^* & -C^* & A & & \\ \hline & & & & & & -3A & -3C \\ & & & & & & -3C^* & 3A \end{array}\right|$$

$$(6)\qquad X = \left|\begin{array}{cc|cc|cc|cc} & & 1 & 0 & & & & \\ & & 0 & 1 & & & & \\ \hline & & & & & & & \\ & & & & & & & \\ \hline & & & & & & & \\ & & & & & & & \\ \hline & & & & & & & \\ & & & & & & & \end{array}\right|$$

b. Interaction Cl—Cl. — On peut développer un calcul analogue, quoique plus fastidieux, mais dans la situation actuelle son effet est négligeable.

3. LARGEUR DE RAIE. — En supposant une raie gaussienne et en définissant la largeur par l'abscisse à demi-hauteur, on trouve la largeur $2,35\sqrt{\overline{\Delta\nu^2}}$. Ceci donne les largeurs : $HCCl_3$: 2,6 kc; p-$C_6H_4Cl_2$: 2,4 kc.

Des expériences encore en cours de M. Buyle-Bodin et D. Dautreppe ([3]) donnent une valeur de l'ordre de 4 kc dans les deux cas. On peut donc affirmer que dans le cas de Cl, l'interaction spin-spin joue un rôle important, sinon prépondérant dans l'élargissement des raies.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absorption ultrahertzienne et équilibres eau-sel.* Note (*) de MM. **René Freymann** et **Raymond Rohmer**, transmise par M. Jean Cabannes.

Dans des Notes antérieures ([1]), on a admis cette hypothèse : c'est l'eau « liquide » qui présente, dans le domaine des ondes centimétriques, une forte absorption Debye; au

---

([3]) Note à paraître aux *Comptes rendus*.

(*) Séance du 8 octobre 1951.

([1]) M. et R. Freymann, *Comptes rendus*, 232. 1951, p. 401 et 1096; M. et R. Freyman et M. T. Rolland, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2312 et mesures inédites.

contraire, l'eau « solide » (glace ou eau de cristallisation) n'absorbe pas. En réalité, le phénomène est plus complexe : l'absorption ultrahertzienne Debye dépend de la température [1]; néanmoins, dans le domaine restreint de températures dont il s'agira ici, le phénomène reste qualitativement le même. Ainsi, les courbes d'absorption données à titre d'exemples [1], en particulier celles se rapportant aux mélanges OH_2+ClNa, permettent de connaître l'état physique de l'eau entre + 20° et — 40° C. L'expérience confirme que le mélange ClNa + 23 % OH_2 (composition de l'eutectique) n'absorbe plus à température inférieure à — 21°,6 C lorsque l'eau est entièrement solide et que l'absorption est très importante à température supérieure à — 21°,6, par suite de la présence de solution. Par contre, la courbe d'absorption d'un mélange ClNa + 10 % OH_2 présente des anomalies [1] que nous nous proposons d'expliquer ici, par une nouvelle série de mesures effectuées, comme précédemment, par la méthode des poudres, pour $\lambda = 3,138$ cm. Nous soulignerons tout particulièrement que l'*absorption* ε'' *est fonction des deux variables température et temps*.

La figure 1 représente la variation de l'absorption ultrahertzienne ε'' en fonction de la température. Elle est obtenue en refroidissant lentement, de + 20 à à — 50°C un mélange ClNa + 10 % OH_2, réalisé par addition de l'eau au sel ou par addition de l'eau sous forme de solution saturée. L'absorption diminue au refroidissement et tend vers zéro lorsque la solidification est complète. On laisse le mélange revenir lentement à la température ambiante : l'absorption passe par un maximum, s'annule à nouveau et redevient très élevée au-dessus de 0° C.

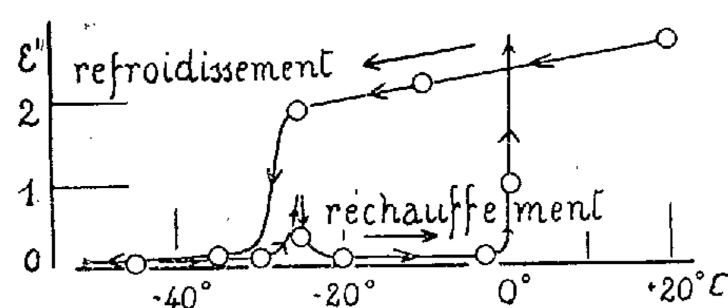


Fig. 1.

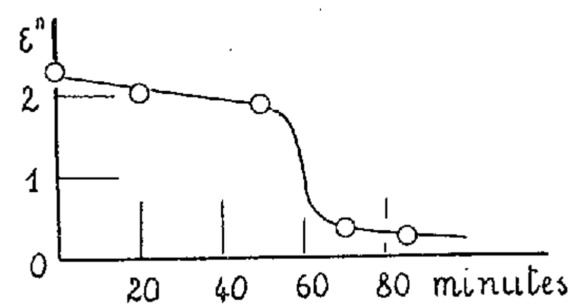


Fig. 2.

Fig. 1 et 2. — Discrimination entre équilibres stables et faux équilibres par l'absorption ultrahertzienne. (*Fig.* 2 : — 10° C.)

Or la courbe de solubilité du système OH_2 — ClNa montre [2] qu'entre + 0°,2 et la température d'eutexie — 21°,6, le chlorure de sodium cristallise à l'état de dihydrate ClNa,2OH_2 (61,9 % ClNa + 38,1 % OH_2). Tout mélange contenant moins de 38,1 % d'eau, et, en particulier le mélange à 10 %, ne doit pas présenter d'absorption entre + 0,2 et — 21°,6C, toute l'eau étant « solide » (combinée à l'état de dihydrate). Si le mélange présente néanmoins une absorption, c'est qu'il y a de l'eau « liquide », donc que le système n'est pas en équilibre. La courbe absorption-température dépend du temps, malgré la lenteur du refroidissement : $\varepsilon'' = f(T, t)$.

---

[2] A. Chrétien, *Ann. Chim.*, 12, 1929, p. 21.

L'expérience suivante le prouve : il suffit de refroidir rapidement le mélange $ClNa + 10\% OH_2$, de la température ordinaire à $-10°C$, de maintenir constante cette température et de noter l'absorption en fonction du temps (*fig.* 2). Elle diminue, pour devenir nulle lorsque l'équilibre stable est atteint, donc lorsque la réaction $ClNa$ + solution $\rightarrow ClNa,2 OH_2$ (A) est terminée. Le phénomène inverse se produit lorsqu'on passe rapidement de $-10°$ à la température ordinaire. L'allure de ces courbes dépend d'ailleurs de la vitesse de refroidissement ou de réchauffement.

L'interprétation de la figure 1 devient alors aisée. Au refroidissement, la transformation (A) n'a pas le temps de se faire. A partir de $+0°,2$, le système est en faux équilibre par suite du gros excès de solide par rapport à la solution. On atteint l'eutectique instable : glace + ClNa, au-dessous de $-21°,6$. A ce moment, la solidification est complète et il n'y a plus absorption. Quand on réchauffe, on atteint à nouveau l'eutectique instable correspondant à l'apparition de solution et par conséquent à une nouvelle absorption. A ce moment, le faux équilibre : solution + ClNa est rompu et il y a formation de dihydrate, suivant (A). L'absorption devient nulle jusqu'à $+0°,2$, température de transition du dihydrate au sel anhydre + solution. A partir de $+0°,2$, une absorption importante apparaît brusquement.

L'étude de l'absorption ultrahertzienne permettant de connaître à tout moment l'état de l'eau dans les systèmes : eau-sels (qu'ils soient réalisés par simple mélange ou en exposant le sel dans une atmosphère humide) constitue un procédé élégant pour suivre l'évolution d'un système et pour reconnaître son état d'équilibre (équilibre stable ou faux équilibre). Nous montrerons qu'on peut savoir ainsi, non seulement sous quelle forme l'eau est fixée par les sels hygroscopiques, mais encore connaître la vitesse de la réaction de transformation de l'eau d'absorption en eau de cristallisation.

SPECTROCHIMIE. — *L'effet carbone dans l'analyse spectrographique des matériaux réfractaires.* Note de M. **Raymond Ricard**, présentée par M. Jean Cabannes.

La plupart des méthodes d'analyse spectrographique des matériaux réfractaires (verre, argiles, laitiers, émaux, roches diverses) sont basées sur l'emploi d'un arc continu entre électrodes de graphite pur; la substance à analyser est placée dans un creux ménagé dans l'électrode inférieure; on forme ainsi un petit four électrique dans lequel le réfractaire fond et se volatilise; la vapeur excitée dans l'arc émet un spectre caractéristique.

Or, lorsqu'on utilise des réfractaires de composition connue on observe des variations d'intensité des raies d'un élément sans rapport avec la concentration de l'élément. D'ailleurs, un mélange synthétique d'oxydes de même composition que le réfractaire fournit un spectre dont les raies

ont des intensités relatives nettement différentes. Il est impossible d'employer un tel mélange étalon pour l'analyse quantitative des réfractaires [1].

En fait, l'intensité d'une raie spectrale dépend de la température T_1 de l'arc où se produit l'excitation et du nombre d'atomes dans la vapeur. Mais ce nombre n'est pas en relation simple et constante avec le nombre d'atomes dans la substance réfractaire. Car celle-ci fond dans l'électrode creuse, forme un globule et se vaporise lentement à une température T_2 fonction de la composition de la substance et de son état chimique, mais non de l'intensité du courant d'excitation (qui est comprise entre 5 et 15 A). En général, la température T_2 est très inférieure à T_1; il en résulte que les raies d'un métal à oxyde peu volatil seront très affaiblies par rapport à celles d'un métal à oxyde volatil, d'autant plus que la température T_2 est plus basse.

Si la substance réfractaire est additionnée d'un excès de graphite en poudre, on observe un accroissement considérable d'intensité des raies de métaux à oxyde réfractaire. La substance fond sans former de globule et se volatilise très rapidement à une température élevée T_3 qui dépend essentiellement de la forme et des dimensions du creuset et de l'intensité du courant d'excitation. Cet « effet carbone » normalise l'excitation et atténue considérablement l'influence de la constitution du produit.

Par exemple, dans le spectre d'un émail contenant alumine, oxyde d'antimoine et magnésie, on observe qu'après addition de graphite les raies Al et Mg sont considérablement renforcées tandis que les raies de Sb restent à peu près constantes. L'intensité de la raie Al 2575 passe de 1 à 30 lorsqu'on ajoute à l'émail un poids égal de graphite. L'addition de quantité supérieure ne produit plus aucun effet.

On a vérifié d'ailleurs que l'addition de carbonate de soude produit l'effet inverse : la température T_2 est abaissée; le spectre d'émission de l'arc ne comporte plus que les raies du sodium très intenses et quelques raies très affaiblies des éléments les plus abondants.

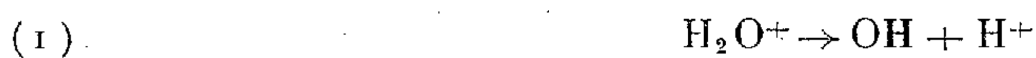
RADIOCHIMIE. — *Sur les réactions primaires produites par les radiations ionisantes dans l'eau.* Note de MM. **Moïse Haïssinsky** et **Michel Magat**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Il est actuellement admis que les effets chimiques provoqués par les radiations ionisantes dans l'eau ou dans les solutions aqueuses diluées (« actions indirectes ») sont dues essentiellement aux radicaux libres OH et H produits,

---

(1) J. Gillis et M. J. Eeckhout, *Colloque Intern. de Spectrographie*, Strasbourg, 1950, p. 31.

en nombres égaux, par suite des décompositions :


(1) $H_2O^+ \rightarrow OH + H^+$


(2) $H_2O + e \rightarrow H + OH^-$.

Or, l'un de nous avait déjà fait remarquer avec M. Lefort [1] que les oxydations et les hydroxylations, dues aux OH, se produisent beaucoup plus fréquemment que les réductions qu'on attribuait généralement aux atomes H. Ceci a conduit à admettre que le rôle des OH est prédominant dans les réactions radiochimiques et que c'est à eux, et non pas aux atomes H, qu'on doit très souvent attribuer même les réductions.

L'inefficacité relative de ces atomes devait alors être considérée comme une conséquence de la rapidité de leur combinaison en H_2 inerte. Cette supposition, très plausible pour les rayonnements à ionisations dense (α, protons, etc.), s'explique cependant difficilement dans le cas des rayons X et γ. D'autre part, l'analyse des gaz produits au cours de certaines réductions radiochimiques a donné des rendements tellement élevés en hydrogène [2] qu'on a été obligé d'admettre que les phénomènes *d'excitation* des molécules du solvant apportent une contribution qui paraît excessive.

Il faut cependant remarquer que la réaction (2) n'est pas la seule possible. Nous pensons que la réaction


(3) $H_2O + e \rightarrow H_2 + O^-$

est au moins aussi importante. L'ion instable O^- réagirait ensuite avec une autre molécule du solvant :


(4) $H_2O + O^- \rightarrow OH + OH^-$.

Selon ce mécanisme, on aurait, au lieu d'*un* radical OH et un *atome* H, *deux* radicaux OH et une *molécule* H_2 par paire d'ions. Les rendements élevés de H_2 et la prédominance des réactions d'oxydation se trouvent alors immédiatement expliqués. Les réductions pourraient néanmoins avoir lieu, même en négligeant la réaction (2) : *a*. si l'oxydant a un potentiel électrochimique suffisamment élevé pour être réduit par H_2O_2, OH ou OH_2 [1]; *b*. par les atomes H secondaires provenant de la réaction :


(5) $H_2 + OH \rightarrow H_2O + H$.

C'est cette réaction qui serait notamment responsable de la formation de H_2O_2 par les rayons X dans l'eau contenant de l'oxygène, tandis qu'en

---

[1] M. Haïssinsky et M. Lefort, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 314; 230, 1950, p. 1156; *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 588.

[2] M. Lefort et M. Haïssinsky, *ibid*, 48, 1951, p. 368 et sous presse. Si l'on attribue les réductions aux atomes H, les rendements calculés sont encore plus élevés.

l'absence de ce gaz, elle conduirait à la destruction des radicaux OH et à une disparition d'effets facilement décelables.

Bien qu'on ne possède pas de données thermochimiques précises pour évaluer les bilans énergétiques des réactions (2) et (3), il semble que les probabilités de leur production ne soient pas très différentes ([3]), la réaction (3) étant peut-être légèrement plus privilégiée. D'autre part, des expériences connues de spectographie de masse ([4]) que nous discuterons ultérieurement, montrent que les réactions du type (3), bien qu'impliquant un réarrangement de la molécule H_2O avant sa dissociation, sont possibles.

La plupart des réactions radiochimiques mentionnées plus haut suggèrent que seule la réaction (3) est efficace ou qu'elle joue tout au moins un rôle prédominant. La nécessité d'envisager également une contribution de la réaction (2) découle d'une expérience de Dainton et James ([5]) sur la polymérisation de l'acrylonitrile dans D_2O sous l'action des rayons X. Ces auteurs ont observé la présence de groupements —CD dans le polymère et ils l'ont attribuée à l'attachement des atomes libres H. De nouvelles expériences permettront sans doute de mieux préciser l'importance relative de chacun des deux mécanismes.

CHIMIE COLLOÏDALE. — *Le passage des corps hydrosolubles à travers la barrière lipidique*. Note de M. **Wladislas Kopaczewski**, présentée par M. Albert Demolon.

On admet que les solutions aqueuses ne peuvent traverser une couche lipidique; ce n'est pas un cas général, ainsi que le prouvent les expériences que nous allons relater. Nous avons imbibé des bandelettes de papier-filtre avec des matières grasses liquides ou avec des graisses solides, dissoutes soit dans l'oxyde d'éthyle, soit dans l'éthanol; les extrémités de ces bandelettes plongeaient dans des godets remplis de matières colorantes en solution aqueuse, dont le degré de dispersion et la charge électrique variaient. On constate, dans ces conditions, que l'huile, tout en étant repoussée vers le haut, forme peu à peu de fines gouttelettes, qui tombent dans les godets; pendant ce temps, les colorants montent dans les interstices capillaires du papier-filtre, tout comme en l'absence d'un barrage lipidique. On peut modifier le dispositif expérimental, en limitant la barrière grasse à quelques centimètres de hauteur, l'extrémité de la

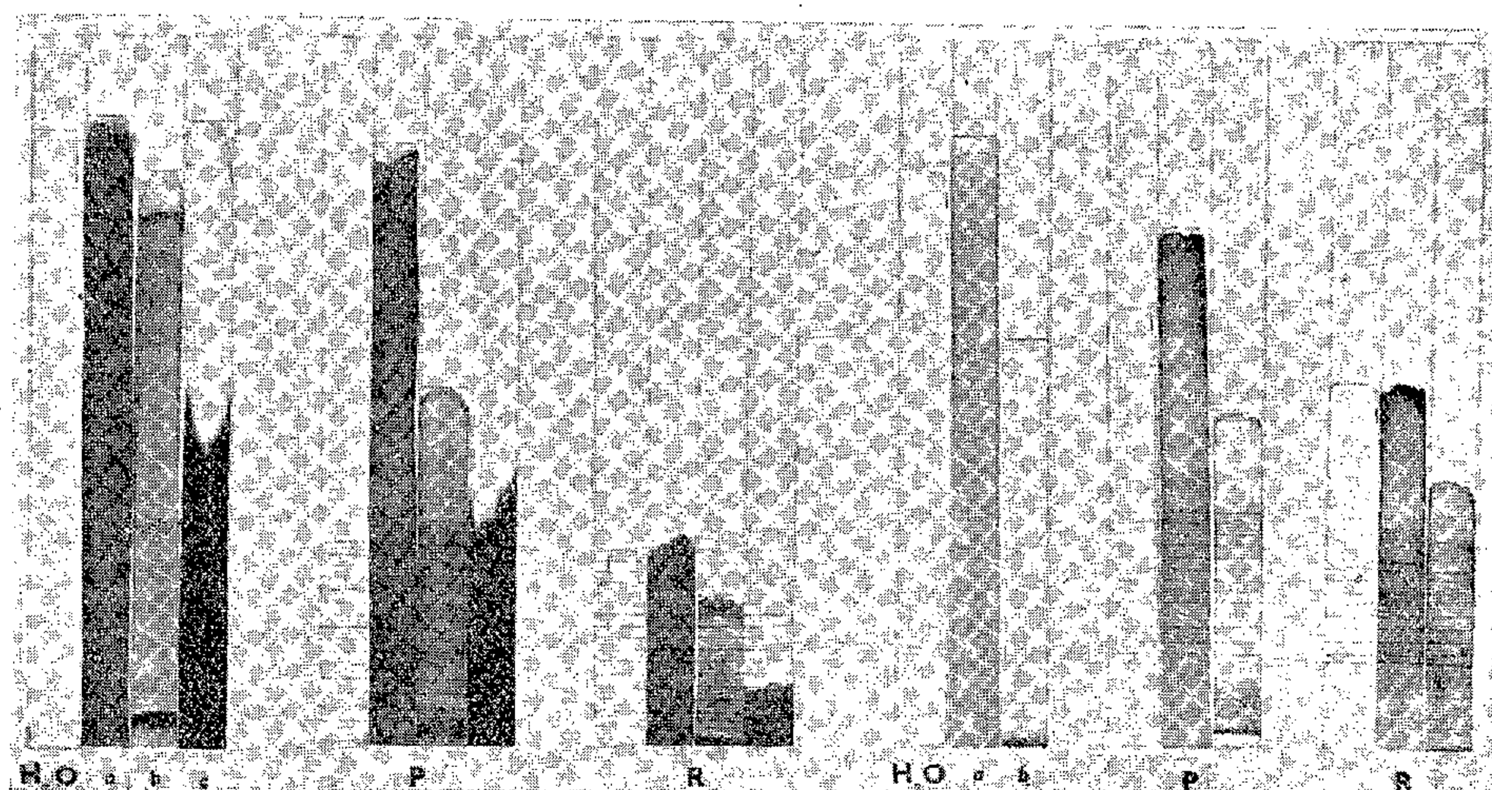
---

([3]) Il n'en n'est pas de même pour la réaction $H_2O + e = H^- + OH$ (suivie de $H_2O + H^- = H_2 + OH^-$); elle conduit au même résultat final que (3), mais demande un apport d'énergie considérable.

([4]) M. Mann, A. Hustrulid et J. Tate, *Phys. Rev.*, 158, 1940, p. 340. *Voir* aussi R. Viallard et M. Magat, *J. Chim. Phys.* (sous presse.)

([5]) *Colloque de la Soc. de Chim. Phys.*, 1951; *J. Chim. Phys.* (sous presse.)

bandelette du papier-filtre n'étant pas imbibée; l'ascension des colorants est alors plus forte et plus rapide que dans le cas précédent (*voir* figure).



Passage des colorants hydrosolubles à travers la barrière grasse.

H_2O, témoin; *a*, noir direct W; *b*, alizarine sulfonate de Na; *c*, vert Janus; P, huile de paraffine; R, huile de ricin; hachures, parties huilées.

Toutes les matières grasses ne se comportent pas de cette façon; voici les résultats obtenus, élargis sur quelques autres biocolloïdes :

Perméabilité forte.	Perméabilité faible.	Perméabilité nulle.
Huile de paraffine	Huile de lin	Graisse végétale
» » graissage (spindle)	» » cholmoogra	» de laine
» » Cade	» » ricin	Cire de *Candelilla*
» d'arachide	» » croton	Latex d'*Euphorbia helioscopia*
» d'olives	Graisse de porc	
» d'amandes douces	Acide palmitique	
» de foie de morue	Tripalmitine	
Beurre	Résine d'Euphorbe	
Moelle osseuse de bœuf	Cire d'abeille	
Lécithine d'œuf		
Résine de pin		

Une couche de matières grasses, cireuses ou résineuses ne constitue donc pas toujours un obstacle au passage des produits hydrosolubles. Cette conclusion impose un changement dans nos conceptions concernant la perméabilité cellulaire et les divers phénomènes industriels (détersion, dégraissage, lubrification, etc.). Le procédé de l'analyse électrocapillaire, que nous avons élaboré en 1925 (¹) et qui est devenu actuellement la

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1530.

« chromatographie sur papier », se prête donc à une étude physicochimique de la perméabilité en général : en effet, nous avons démontré, en 1928, l'existence d'un parallélisme entre la coloration des cellules végétales (fleurs) ou animales (paramecies) et la pénétration des colorants dans les interstices capillaires du papier-filtre [2].

La technique que nous venons de rapporter permet de varier à volonté la composition de la barrière, soit en imbibant le support cellulosique avec des protides, des résines, des mucigènes, des cires, etc., et, ensuite seulement, avec des matières grasses, soit en y incorporant des anions ou des cations, des substances tensio-actives ou visqueuses; on peut aussi se rapprocher de la composition chimique des couches limitantes cellulaires et examiner les conditions de passage des corps hydrosolubles variés à travers ces couches; on peut, enfin, faire varier le substratum du support et utiliser des tissus de laine, de soie, de lin, etc. Nous sommes en train d'effectuer ces expériences.

Quant au mécanisme de ce phénomène, on peut le rapprocher d'un fait curieux, signalé en 1809 par Chevreul [3] : l'huile de lin, mélangée avec du kaolin, mise au contact d'une pâte de céruse et d'eau, quitte le kaolin et remplace l'eau dans la pâte de céruse. Cette « affinité capillaire » de Chevreul, devenue, dans certains cas, une « affinité électrocapillaire » de A. C. Becquerel [4], est très probablement à la base du phénomène que nous venons de découvrir.

En résumé : 1° la barrière lipidique peut être franchie, dans certaines conditions, par des substances hydrosolubles;

2° ce passage peut être modifié, accéléré ou ralenti, amplifié ou affaibli, par l'intervention de facteurs externes (tension interfaciale, viscosité, charge électrique, etc.);

3° l'analyse électrocapillaire peut servir à l'étude de la perméabilité des couches limitantes variées.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Domaines d'inflammabilité de l'éthane, du propane et du butane. Mise en évidence d'un double mécanisme d'inflammation.* Note (*) de MM. **Ralph Delbourgo** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

La détermination des domaines d'inflammabilité de l'éthane, du propane et du *n*-butane a été effectuée en utilisant comme source d'inflam-

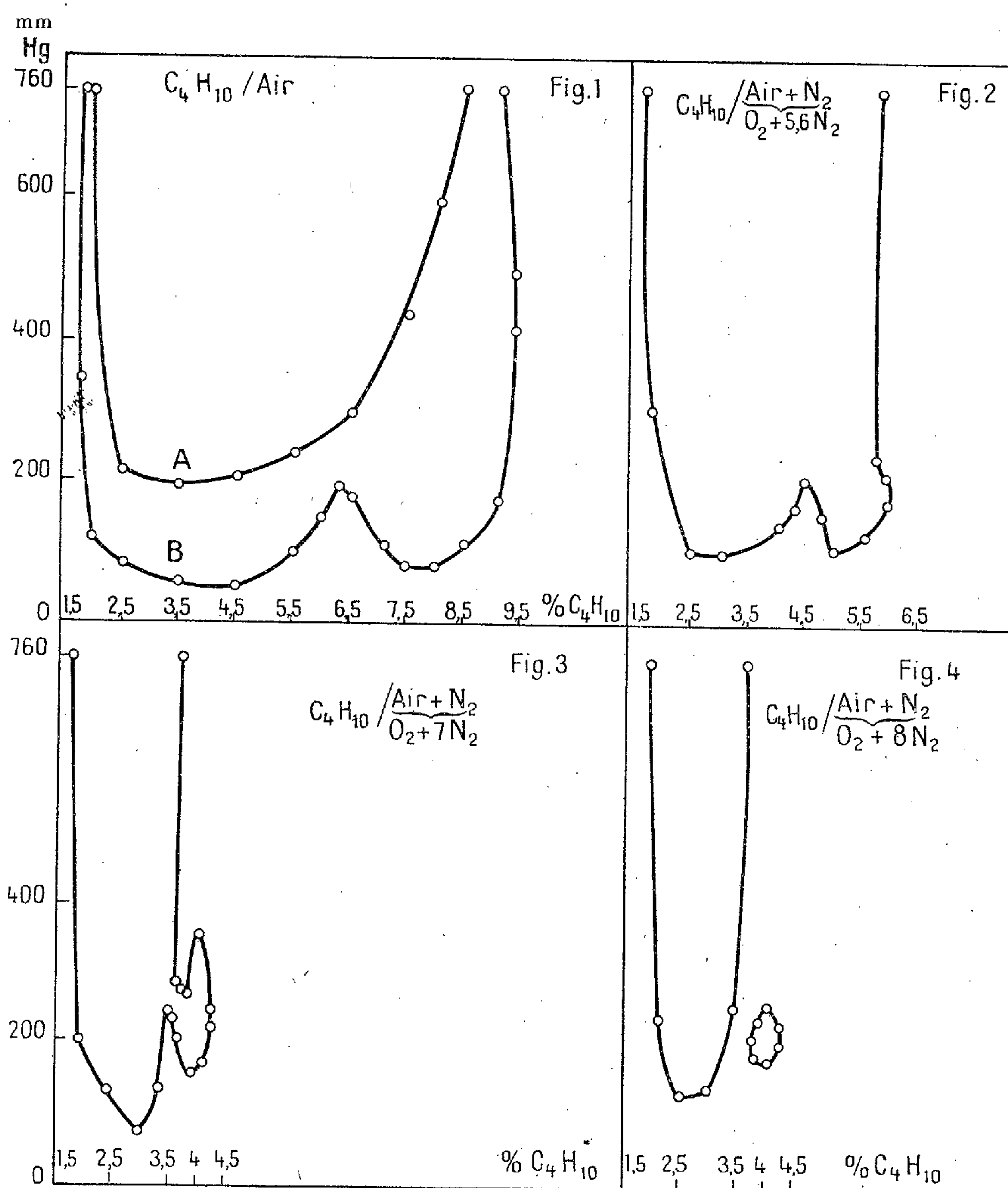
(2) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1758; *Ann. Agronomiques*, **1**, 1950, p. 26.

(3) *Mém. Acad. Sc.*, 36, 1856, p. 981.

(4) *Traité d'Électricité*, Paris, 1835.

(*) Séance du 15 octobre 1951.

mation une étincelle condensée provenant de la charge d'un condensateur à air de 120 pf sous une tension de 22 000 V et de sa décharge entre deux électrodes de Pt dans un tube de 4 cm de diamètre et de 80 cm de longueur.



L'étincelle éclatant à la base du tube, la propagation est verticale. L'une des électrodes étant mobile et l'autre fixe, elles constituent le seul mode d'interruption du circuit de décharge. Le montage permet, en outre, la production d'une étincelle unique rigoureusement définie par les constantes électriques du système et produisant une énergie déterminée. Une variante permet la production d'un nombre *n* de ces mêmes étincelles. Ce nombre

ne peut être que défini approximativement par le temps de passage de l'étincelle qui est de l'ordre de 0,5 s. Les domaines d'inflammabilité, obtenus en portant en abscisses les concentrations en combustible pour 100 dans l'air et en ordonnées les pressions en millimètres de Hg, ont l'allure de la figure 1 relative au butane.

La courbe A a été obtenue dans les conditions très précises de l'étincelle unique et la courbe B obtenue par un train d'étincelles. Les expériences ultérieures ont montré qu'elle était composée de deux courbes, sa forme particulière étant due à la superposition de deux domaines différents d'inflammabilité. Des expériences ont été effectuées en ajoutant à la teneur en air des mélanges des quantités croissantes d'azote. Les résultats obtenus sont figurés en 2, 3 et 4. On constate un rétrécissement du domaine complet d'inflammabilité et une très nette tendance à la fermeture du second domaine situé aux concentrations élevées en hydrocarbure. Celui-ci se trouve complètement isolé dans la figure 4. Dans les deux parties du diagramme, les flammes ont des aspects très différents et caractéristiques.

Dans le cas des mélanges air-éthane, la courbe B est presque normale et analogue à la courbe A; par addition d'azote on n'observe qu'une très légère tendance à l'accentuation de l'accident de la courbe B. Par contre, le propane donne exactement le même type de courbes que le butane et par additions d'azote on arrive encore à obtenir un domaine fermé.

Il semble que les conclusions que l'on puisse tirer de ces recherches soient les suivantes : 1° Les courbes du type A obtenues avec une étincelle condensée unique sont une fonction à la fois des conditions expérimentales et du mélange gazeux étudié. Elles sont caractérisées par une inflammation obtenue par une source rigoureusement définie, produisant une étincelle constante et parfaitement reproductible. Elles définissent en fait *une* courbe limite d'inflammabilité entre un grand nombre d'autres possibles. 2° Les courbes du type B sont moins bien définies physiquement, mais la source d'inflammation étant plus puissante, elles permettent de mettre en évidence un phénomène intéressant : l'existence d'un double domaine, très probablement dû à deux mécanismes cinétiques différents. Ces courbes sont davantage une fonction seule du gaz étudié et définissent un domaine limite de propagabilité. 3° Il semble qu'il puisse y avoir une analogie entre ces seconds domaines obtenus avec les hydrocarbures supérieurs à l'éthane et les domaines de flammes froides qui, à partir du propane, n'ont été signalés à la température ordinaire que pour des pressions d'une dizaine d'atmosphères. 4° Avec les mélanges pentane/air on obtient une courbe similaire. Mais l'addition d'azote n'a pas alors les mêmes résultats, le type de flammes caractéristique du second domaine venant recouvrir complètement la région des basses pressions. Ceci doit être dû à ce que le pentane,

comme les hydrocarbures supérieurs, présente par auto-inflammation plusieurs domaines de flammes froides. L'étude de ces phénomènes fait l'objet des recherches en cours.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Analogues structuraux de la chloromycétine. V. Nouvelles recherches sur la para-nitro-phénylsérine.* Note de M[lles] **Denise Billet** et **Christiane Marnay**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans la présente Note est décrit un nouveau mode de préparation de la para-nitro-phénylsérine, conduisant à la formation d'un acide aminé doué de propriétés bactériostatiques importantes et qui serait le diastéréo-isomère de la *p*-nitro-phényl-sérine déjà connue et inactive.

Poursuivant nos recherches dans le domaine de la *p*-nitro-phénylsérine (1)(2)(3)(4), nous avons été amenées à étudier la réaction entre le glycocolate d'éthyle et le *p*-nitro-benzaldéhyde. Cette condensation décrite pour la première fois par Dalglish (5) a été utilisée ensuite par divers auteurs (6) (7) dans des conditions ne permettant pas l'obtention d'un dérivé possédant une action bactériostatique vis-à-vis de la croissance de E. Coli. Au cours de cette condensation, Dalglish signale la formation transitoire d'un composé auquel il attribue la formule d'une base de Schiff et qui se transforme spontanément au sein de l'alcool en un isomère auquel l'auteur assigne la formule d'une oxazolidine; plus tard, il a été démontré (8) que ce composé ne peut pas répondre à la structure oxazolidine, ne possédant pas la bande d'absorption dans l'infra-rouge caractéristique de ce noyau. Nous avons alors émis l'hypothèse que ces deux substances seraient les bases de Schiff (I*a* et I*b*) de la *p*-nitro-phénylsérine (II*a* et II*b*) formées respectivement sous les configurations thréo puis érythro et se transformant spontanément en séjournant dans l'alcool par un réarrangement structural.

Il ressort de l'hypothèse précédente que les acides aminés (II*a*, II*b*) issus respectivement des bases de Schiff (I*a*) et (I*b*) prennent naissance sous la

(*) Séance du 15 octobre 1951.

(1) C. Mentzer, P. Meunier, L. Molho, et D. Billet, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 33, 1950, p. 55.

(2) D. Billet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1074.

(3) D. Billet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1358.

(4) D. Billet, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 290.

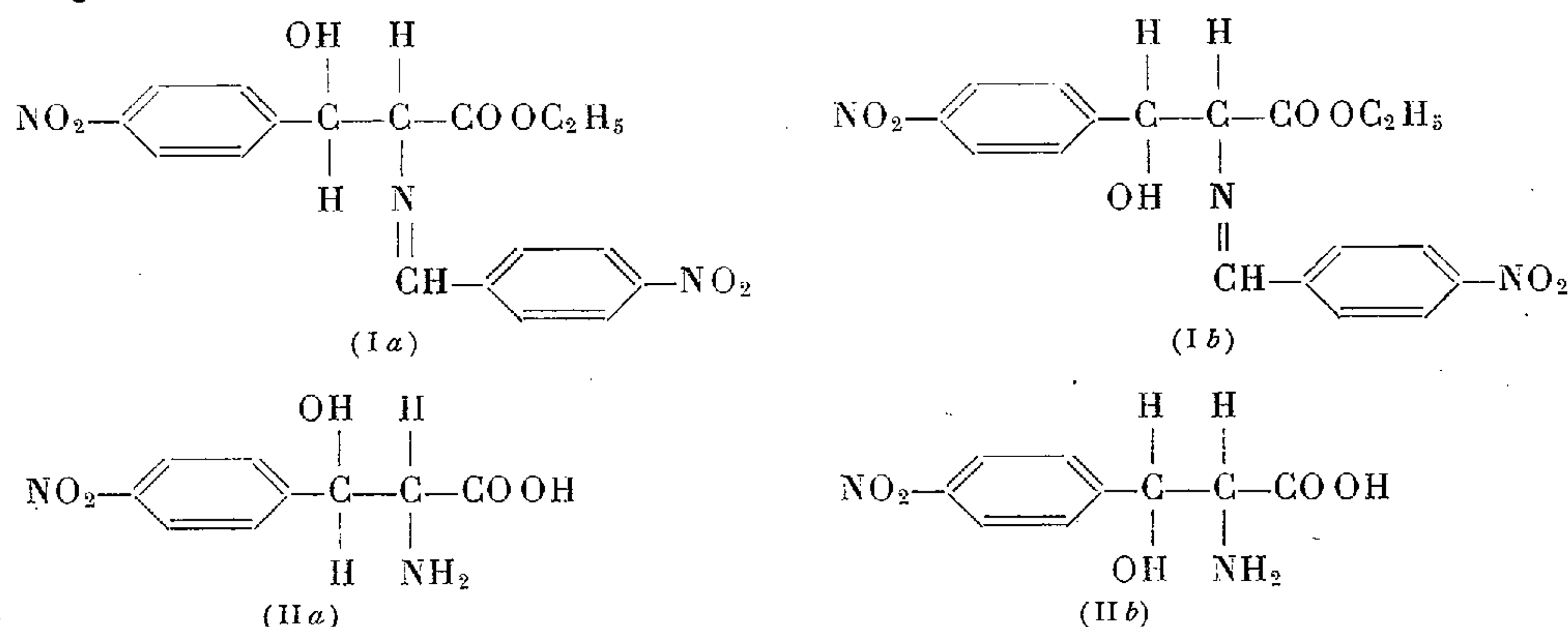
(5) *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 90.

(6) E. Bergmann, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 361.

(7) M. Kopp et Z. Welvart, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 527.

(8) *Loc. cit.* en (6).

configuration dévolue à la base initiale



Les recherches décrites ici paraissent justifier cette hypothèse; en effet, la base de Schiff qui se forme dans l'alcool (F 139°) conduit, par hydrolyse chlorhydrique, à un chlorhydrate d'ester (F 188°) qui, par saponification, donne naissance à la *p*-nitro-phénylsérine (F 195°) inactive (*voir* tableau); tandis que la même condensation opérée dans les conditions décrites ci-dessous donne naissance à des substances différentes. Par mélange dans l'éther anhydre de *p*-nitro-benzaldéhyde (2 mol.) et de glycocolate d'éthyle fraîchement distillé (1 mol.), il se forme, après un certain temps, une base de Schiff (F 89°) qu'il est possible d'obtenir par évaporation de l'éther et recristallisation immédiate dans l'alcool sans laisser séjourner dans les eaux-mères. L'hydrolyse chlorhydrique directe de la solution éthérée de la base de Schiff fournit un chlorhydrate d'ester, recristallisable dans l'alcool-éther (F 138°) à partir duquel prend naissance, par saponification, un acide aminé que nous n'avons encore obtenu qu'en solution [9].

Numéros des expériences.	Substances ajoutées au milieu de culture.	Concentrations utilisées.	Croissance de E. Coli après 16 h.
1.	Témoin	–	+++
2.	Chloromycétine	10^{-5}	0
3.	»	10^{-6}	+
4.	P.N.P.S. (Dalglish)	$2,7.10^{-3}$	+++
5.	»	$1,35.10^{-3}$	+++
6.	»	$2,7.10^{-4}$	+++
7.	P.N.P.S. (condensation dans l'éther)	$2,7.10^{-3}$	0
8.	»	$1,35.10^{-3}$	0
9.	»	$2,7.10^{-4}$	0
10.	»	$0,9.10^{-4}$	+

[9] Dans une précédente Communication, nous avons rapporté le résultat d'une préparation de P.N.P.S. inactive à partir d'une base de Schiff F 89°, mais qui devait correspondre à une forme impure de base de Schiff F 139° (série érythro) dont le P. F. était abaissé, ce qui a donné lieu à une erreur d'interprétation.

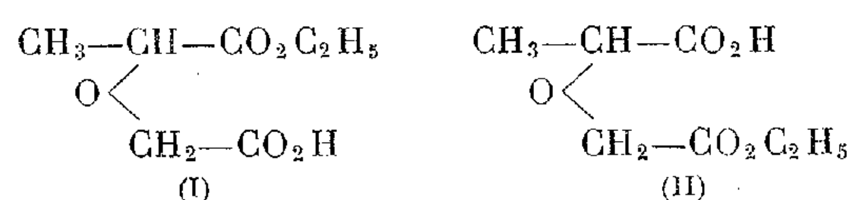
Cette solution donne une coloration caractéristique à la ninhydrine et manifeste des propriétés bactériostatiques importantes, ainsi que le montre le tableau précédent (les concentrations utilisées ont été déterminées d'après le poids sec des solutions).

Il semble donc que la condensation décrite permette la formation de l'isomère actif auquel nous attribuons jusqu'à nouvel ordre la structure thréo, par analogie biologique avec les dérivés de la série du chloramphénicol. Nous poursuivons l'isolement et la purification de cette substance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention d'esters méthyldiglycoliques acides isomères*. Note (*) de MM. **Pierre Vièles** et **Jean Séguin**, présentée par M. Marcel Delépine.

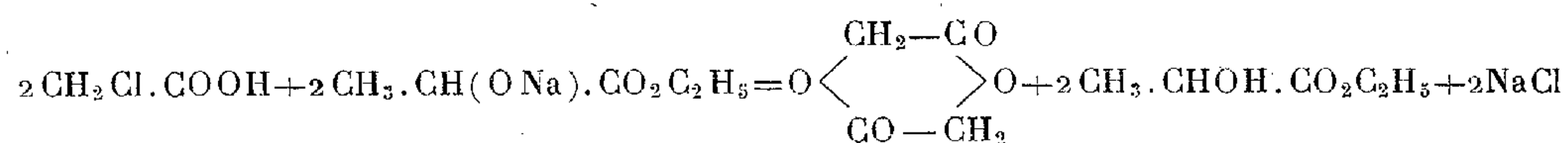
Les anhydrides des deux méthyldiglycolates mono-éthyliques ont été obtenus par action d'anhydrides d'acides α-halogénés sur les dérivés sodés d'esters éthyliques d'α-hydroxy-acides.

Les divers procédés de préparation des monoesters de diacides non symétriques conduisent, en général, à un mélange de deux isomères prévisibles. Souvent, cependant, l'un des isomères est obtenu en quantité prépondérante. Ainsi, il a été montré antérieurement (1) que la demi-saponification du diester méthyldiglycolique conduit principalement à l'éthanoïque-oxy-2 propanoate d'éthyle (composé I) et l'action de l'éthanol sur l'anhydride méthyldiglycolique au propanoïque oxy-2-éthanoate d'éthyle (composé II)



Néanmoins il restait des doutes sur la pureté des monoesters ainsi préparés, par suite de la quasi-identité de leurs propriétés et de la difficulté de les séparer l'un de l'autre.

Il a donc paru intéressant de rechercher un procédé permettant d'obtenir un seul des deux monoesters, de constitution bien déterminée. Ce résultat a d'abord été recherché en faisant agir un acide halogéné sur un dérivé sodé d'α-hydroxyacide, mais le procédé s'est révélé inadéquat. En effet, par action de l'acide monochloracétique sur le lactate d'éthyle sodé, par exemple, on observe surtout la formation de glycolide selon l'équation.



(*) Séance du 8 octobre 1951.

(1) P. Vièles et M. Amir, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 457.

Par contre, en partant, non des acides halogénés, mais de leurs anhydrides, on prépare le dérivé (I) pur (par réaction de l'anhydride chloracétique sur l'ester lactique sodé) et de même le dérivé (II) pur (par réaction de l'anhydride α bromopropionique sur l'ester glycolique sodé). En réalité, le produit initial de la réaction est constitué par l'anhydride d'ester-acide, type de dérivé dont l'existence a été déjà signalée ([2]), dans la série diglycolique, en particulier ([3]).

Mode opératoire. — La solution éthérée d'anhydride halogéné est introduite, en refroidissant, dans la solution éthérée du dérivé sodé. On reprend ensuite par l'eau, ce qui a pour effet de transformer l'anhydride de monoester en monoester, et l'on sépare ce dernier par distillation. Le rendement est de l'ordre de 20 %

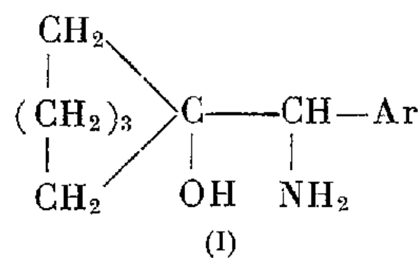
Les méthyldiglycolates monoéthyliques ainsi préparés sont des liquides visqueux ($\acute{E}_{20}$ 166-168°). Leurs propriétés sont très voisines de celles des produits antérieurement obtenus par les procédés rappelés plus haut.

Les sels alcalins de ces esters-acides sont bien cristallisés, il en est de même pour les sels ammoniacaux d'amides-acides qui se préparent facilement par action de l'ammoniaque sur les monoesters.

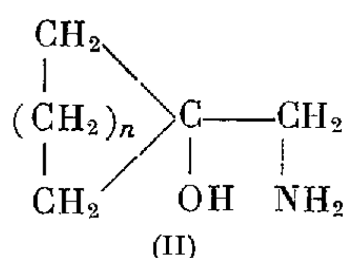
CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de la stabilité des ions carbonium en fonction de leur structure.* III. *Désamination nitreuse des amino-alcools cyclaniques* ⬡$C(OH)-CH(NH_2)-R$ *avec formation des alcoyl-2 cycloheptanones* Note de Mme **Irène Elphimoff-Felkin** et Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Marcel Delépine.

La désamination nitreuse des alcoyl (hydroxy-1 cyclohexyl) amino-méthanes est accompagnée d'une extension de cycle carboné conduisant aux alcoyl-2 cycloheptanones; les expériences ont porté sur les dérivés avec $R = CH_3$ et C_2H_5.

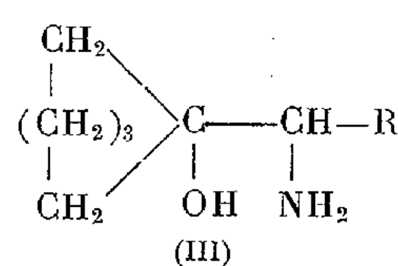
Nous avons montré récemment que les aryl (hydroxy-1 cyclohexyl) amino-méthanes (I) contrairement aux (hydroxy-1 cyclohexyl) amino-méthanes (II) ne donnent pas d'extension de cycle par désamination nitreuse en milieu hydro-acétique, mais conduisent aux glycols et à leurs dérivés présentant le même squelette carboné que les composés initiaux ([1]).



(I)



(II)



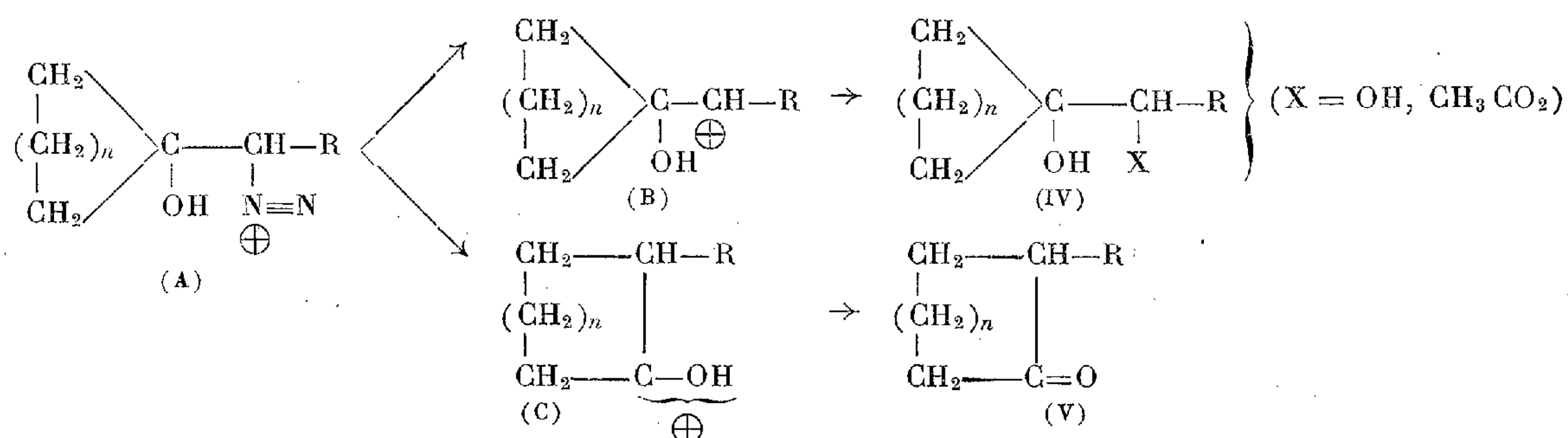
(III)

([2]) Mol, *Rec. trav. Chim. P. B.*, 26, 1907, p. 384.

([3]) P. Vièles, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 7, 1940, p. 661.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 314.

Nous avons attribué la différence de comportement de ces amino-alcools lors de leur désamination au fait suivant. Dans le cas des amino-alcools (I) l'ion carbonium (B) non transposé ($R = Ar$) résultant de la décomposition du sel de diazonium (A) est plus stable par suite de la résonance de la charge positive avec le noyau aromatique que l'ion transposé (C) dans lequel ce système résonnant n'existe pas. Par contre, dans le cas des amino-alcools (II), l'ion non transposé (B) ($R = H$) est moins stable que l'ion transposé (C), dont la charge positive est en résonance avec le doublet libre de l'oxygène.



La même interprétation s'applique avec succès aux résultats du présent travail qui a montré que la désamination nitreuse des alcoyl (hydroxy-1 cyclohexyl) amino-méthanes (III) (pour $R = CH_3$ et C_2H_5) effectuée en milieu hydroacétique conduit aux alcoyl-2 cycloheptanones (V) et non aux glycols (IV).

En effet, la formation de ces cétones peut être attribuée au fait que dans le cas des amino-alcools (III) tout comme dans celui des amino-alcools (II), l'ion (B) non transposé n'étant pas stabilisé par un système résonnant est énergétiquement moins avantageux que l'ion (C) dans lequel la charge positive est en résonance avec un des doublets libres de l'oxygène. Quant à l'effet Backer-Nathan (hyperconjugaison), il ne semble pas suffisant pour rendre l'ion (B) plus stable que l'ion (C) puisque dans le cas du méthyl (hydroxy-1 cyclohexyl) amino-méthane ($R = CH_3$) où cet effet est susceptible d'apparaître d'une façon particulièrement marquée, la désamination donne lieu néanmoins à une extension de cycle et non pas à la formation de glycol non transposé.

Il est évident que la connaissance plus approfondie du mécanisme de cette extension de cycle nécessite la réponse à la question suivante : l'ion (C) se forme-t-il directement à partir du sel de diazonium (A), ou résulte-t-il de la transposition de l'ion (B)?

L'étude de la désamination nitreuse des amino-alcools (III) optiquement actifs, actuellement en cours, est susceptible de donner une réponse à cette question :

Les alcoyl (hydroxy-1 cyclohexyl) amino-méthanes sont obtenus par réduction catalytique en présence du nickel Raney des alcoyl (hydroxy-1 cyclohexyl) nitrométhanes correspondants ([2]) d'après une méthode récemment décrite ([3]).

La désamination nitreuse effectuée en milieu hydroacétique d'après la technique habituelle ([4]) du *méthyl (hydroxy-1 cyclohexyl) amino-méthane* (HCl, F 184° au bloc Maquenne) et de *l'éthyl (hydroxy-1 cyclohexyl) aminométhane* (E_{20} 118-120°; HCl, F 214° au bloc Maquenne) donne respectivement la méthyl-2 cycloheptanone ([5]) et l'éthyl-2 cycloheptanone (E_{18} 85°; semicarbazone F 141-142°) ([6]) avec 55-60 % de rendement pour la première cétone et 65 % pour la deuxième. Il ne nous a pas été possible d'isoler les autres produits de la réaction.

GÉOLOGIE. — *Sur le rôle des cuirasses termitiques dans la géographie des régions tropicales.* Note de M. **Henri Erhart**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré que beaucoup de cuirasses ferrugineuses rocheuses, qualifiées généralement de « latéritiques », n'étaient autre chose que des constructions fossiles ou subfossiles dues à l'activité cémentatrice de certains termites. Nous les avons désignées sous le nom de *cuirasses termitiques*, afin de les distinguer nettement des cuirasses d'origine pédogénétique, hydrogénétique ou climatique.

Il est important de préciser le rôle de tout premier plan que ces cuirasses termitiques jouent dans la géographie des régions tropicales, aussi bien par l'étendue de leurs affleurements que par l'influence qu'elles exercent sur le modelé du sol et sur les conditions écologiques et agronomiques du couvert végétal. Il convient de signaler, par ailleurs, l'importance qui leur revient dans l'étude de l'évolution phytogéographique et climatique des régions tropicales.

Des cuirasses termitiques fossiles ou subfossiles se rencontrent dans les régions équatoriales d'Afrique parmi les nids des termites actuels, aussi bien dans les régions encore forestières que dans les prairies pyrophiles que l'action de l'homme a substituées à la forêt vierge primitive. Ainsi, on trouve, en plein Gabon forestier, sur d'anciennes surfaces alluvionnaires, des étendues considérables de cuirasses termitiques fossiles de caractère rocheux et fortement ferrugineuses.

([2]) Fraser et Kon, *J. Chem. Soc.*, 1934, p. 604.

([3]) Daubrn, Howard, Ringold, Wade et Anderson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 2359.

([4]) B. Tchoubar, *Bul. Soc. Chim. France*, 15, 1949, p. 164.

([5]) Wallach, *Lieb. Ann.*, 345, 1906, p. 146.

([6]) Godchot et Mlle G. Cauquil, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1065.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 804.

On retrouve les mêmes matériaux dans les prairies pyrophiles de la vallée du Niari ainsi que dans le paysage forestier qui s'étend sur tout le pourtour Sud du massif cristallin, où on les rencontre en blocs énormes ou disloqués sous forme d'éluvions ou d'alluvions dans le fond des thalwegs.

Lorsque nous avançons vers le Nord jusque dans les paysages de la forêt ou des savanes de l'Oubangui et de l'Est-Cameroun, nous retrouvons encore les mêmes cuirasses termitiques fossiles liées plus particulièrement à d'anciennes surfaces alluvionnaires.

Plus loin, en avançant vers le Tchad et en pénétrant dans des régions de plus en plus arides, ces cuirasses termitiques fossiles persistent et atteignent même un développement extraordinaire dans certains endroits, alors que le nombre des termitières vivantes se raréfie et que le nombre des espèces de termites diminue au fur et à mesure. Des termitières fossiles se trouvent, par exemple, sous forme de cuirasses rocheuses et alvéolaires rouges sous les alluvions meubles, beiges ou grises, du Logone ou du Chari. Des cuirasses termitiques couvrent de vastes étendues dans tout le Nord de la Nigeria britannique. Toute la zone soudanienne du Territoire du Niger français entre Gao et Maradi en est parsemée. En nous déplaçant dans cette même zone climatique vers l'Ouest, les cuirasses termitiques affleurent tout le long de la vallée du Niger, entre Gao et Bamako, soit à la surface du sol, soit enterrées par des dépôts éoliens fluviaux ou lacustres. Sur le parcours du Niger et dans la région des lacs au Nord de Tombouctou, elles sont associées aux latérites alluvionnaires que j'ai décrites jadis.

Lorsque, à partir de la zone soudanienne, on avance encore plus vers le Nord, jusqu'à atteindre les paysages désertiques dépourvus de sol et de végétation, on rencontre, néanmoins, des cuirasses termitiques fossiles, soit en place, soit réduites à des matériaux fortement remaniés. Je citerai comme exemple les masses de cuirasses latéritiques alluvionnaires composées en grande partie d'éléments termitiques que l'on trouve à la sortie de Tessalit sur la piste de Gao.

C'est vraiment un contraste extraordinaire que de trouver, côte à côte, les rochers dénudés de Tessalit sur lesquels toute trace de sol et de vie végétale ont disparu et les matériaux alluvionnaires des plaines avoisinantes composés des témoins d'une vie végétale et termitique passée.

En Afrique tropicale, l'extension des cuirasses termitiques est infiniment plus grande que celle des autres catégories de cuirasses, à l'exception des cuirasses latéritiques alluvionnaires. Dans les régions désertiques et subdésertiques, elles jouent un rôle souvent essentiel dans le modelé du terrain en protégeant de l'érosion certaines parties du sol. La conservation des surfaces structurales et des zones à relief tabulaire peut être due à leur présence. Dans les terrains meubles, l'érosion dessine parfois de véritables « Inselberge » et l'on peut voir des cuirasses termitiques

former le chapeau de ces collines qui n'existeraient pas sans leur action protectrice. Des exemples frappants de ce phénomène peuvent être observés ainsi à Dogon-Doutchi sur la piste Niamey-Kano.

Au point de vue agronomique, forestier et écologique, le rôle des cuirasses n'est pas moins intéressant à constater. Lorsqu'elles sont enterrées, elles interviennent dans la constitution et la répartition des nappes aquifères, et beaucoup de données agronomiques telles que la fraîcheur et la fertilité des terres sont en rapport avec leur présence ou leur absence. Ainsi, par exemple, la culture de l'arachide ou du mil dans les terrains très meubles de la zone soudanienne n'est souvent possible que parce qu'une cuirasse termitique maintient l'eau dans le sous-sol. Lorsque la cuirasse affleure à la surface, la culture devient, par contre, impossible.

Mais le plus grand intérêt des formations termitiques fossiles réside probablement dans la possibilité que leur étude nous fait entrevoir qu'on pourra, un jour, apporter une contribution décisive au problème de l'évolution phytogéographique des régions tropicales, subdésertiques et désertiques. A ce point de vue, on ne peut assez attirer l'attention des géographes, des géologues et des pédologues sur l'étude des cuirasses termitiques et sur leurs relations avec des surfaces structurales et alluvionnaires qui peuvent être datées avec quelque précision.

La portée de telles études dépasse d'ailleurs le cadre de l'Afrique. Les cuirasses termitiques que j'ai eu l'occasion d'observer au cours de mes voyages en Extrême-Orient et en Amérique du Sud posent partout des problèmes identiques.

GÉOLOGIE. — *Le style tectonique des massifs jurassiques du Sillon tunisien* (*Tunisie septentrionale*). Note de M. **Gilbert Castany**, transmise par M. Pierre Pruvost.

L'étude géologique détaillée des massifs jurassiques du Sillon Tunisien a permis de dégager les grands traits du style tectonique particulier à ces unités.

Les *principaux dômes jurassiques* sont, du Sud-Ouest au Nord-Est, les Djebels Fkirine-Saïdane, Zaghouan, Ressas et Bou Kornine d'Hammam-Lif. Ils sont constitués [1] par une puissante assise calcaire liasique (800-1000 m) à laquelle succèdent, sur une centaine de mètres, des alternances de marnes et de calcaires (Lias supérieur, sporadiquement Bajocien, Callovien à Argovien). Au-dessus viennent généralement des marnes avec intercalations et barre calcaire du Tithonique ou, localement sur 200 à 300 m

(1) G. Castany, *Thèses*, Paris, 1951.

(Zaghouan, Ressas), des calcaires récifaux portlandiens. Ce complexe jurassique est compris entre les gypses et argiles du Keuper à la base, et les marnes avec rares lits calcaires du Crétacé inférieur au sommet.

En règle générale, chaque massif jurassique se comporte comme un *noyau calcaire perçant*, véritable extrusion au sein d'anticlinaux crétacés. Limité à l'Est par la grande faille du Zaghouan et sur la périphérie par des failles plus ou moins importantes, l'ensemble du bloc calcaire s'est fragmenté en panneaux secondaires. Ces derniers, dans le cas le moins complexe (Fkirine-Saïdane), ont simplement subi, les uns par rapport aux autres, des déplacements verticaux. Des coupes transversales du Djebel Bent Saïdane mettent ce mécanisme en évidence.

Au Zaghouan et au Ressas, les assises du Jurassique supérieur sont lithologiquement plus variées. Il s'est alors produit des étirements et des disharmonies avec des distensions locales. L'effort tangentiel final du Plio-quaternaire a ainsi comprimé des zones étroites de flexure et d'effondrement, serrées en « pincées » (L. Glangeaud). Le type le plus net est réalisé au col du Vent (Zaghouan) où la série Toarcien-Aalénien a été, après effondrement, comprimée entre les deux masses de Lias moyen du Kef el Blidah au Nord et du Djebel Staa au Sud.

En outre, les calcaires construits du Portlandien relativement indépendants des calcaires inférieurs, dont ils sont séparés par le niveau plastique « du Lias supérieur-Argovien », se sont décollés provoquant de faibles chevauchements tangentiels et des laminages horizontaux. Ces phénomènes sont si fréquents qu'il est rare d'observer des successions stratigraphiques régulières.

Le style complexe des Massifs jurassiques est donc la conséquence de deux phénomènes; une surrection générale avec percement de la couverture plastique suivie du jeu secondaire des éléments calcaires de chaque unité. Le rôle primordial revient au premier phénomène qui a été amorcé au cours du Secondaire et du Tertiaire par un bombement au sein du Sillon Tunisien [2]. Cette zone surélevée, permanente, n'est pas sans analogie avec la structure en amygdale signalée par L. Glangeaud en Algérie [3]. Son ascension a entraîné une réduction de puissance des couches crétacées et nummulitiques. Il en est résulté, à la suite des mouvements anté-burdigaliens, une émersion accompagnée d'une érosion plus ou moins importante. Celle-ci s'est accentuée durant le Mio-pliocène. L'étude des conglomérats montre que les plis ont été, durant cette dernière phase, arasés jusqu'au Jurassique. C'est alors que des fragments de la dalle calcaire liasique, dépourvus de leur couverture sédimentaire ont été éjectés, réalisant ainsi

(2) G. Castany, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 88.
(3) *Bull. S. G. F.* (5), **20**, 1950, p. 479-501.

une *véritable extrusion*. Ce phénomène a donc ici une origine en partie morphotectonique.

Cette hypothèse attribue le rôle essentiel à la paléogéographie et à l'action de l'érosion, de préférence à une structure lenticulaire des calcaires liasiques. Elle s'appuie sur le fait que ces derniers gardent, dans tous les affleurements et dans les sondages profonds, avec une remarquable constance, les mêmes faciès et la même puissance, aussi bien dans les noyaux extrusifs que dans les parties restées en place sous le Crétacé.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Les divers types de fibres à ponctuations aréolées chez les Monimiacées.* Note de M. **Robert Lemesle** et Mme **Yvonne Pichard**, présentée par M. René Souèges.

Les fibres ligneuses des Monimiacées se montrent variables suivant les genres. Les véritables trachéides, du type cycadéen, n'appartiennent qu'à un nombre restreint d'espèces; le bois de la plupart des genres renferme surtout des fibres trachéides, et même, parfois, des fibres libriformes. Cette particularité structurale contribue à assigner aux Monimiacées un rang plus élevé qu'aux Calycanthacées dans l'échelle des Apocarpales.

Sur les faces latérales des fibres du bois des Monimiacées, Garratt (¹) signalait la présence de ponctuations aréolées ou simples suivant les genres. Il restait à préciser la nature des fibres aréolées; dans ce but, nous avons entrepris l'étude structurale de cette famille.

S. F. des Monomioïdées. — Chez l'*Hortonia floribunda* Wight. de Ceylan, les fibres ligneuses terminées en pointes effilées, atteignent 700 μ sur une section transversale de 15 μ. Toutes les faces sont munies de ponctuations aréolées circulaires d'un diamètre de 4 à 5 μ: les ouvertures obliques et croisées atteignent ou dépassent légèrement le bord de l'aréole, ce sont des fibres trachéides.

Le xylème de l'*Amborella trichopoda* Baill., de Nouvelle-Calédonie, renferme aussi des fibres trachéides assez souvent flexueuses, de 1-2 mm de longueur sur 16 à 22 μ de largeur. Les ponctuations aréolées, circulaires (6 μ) ou légèrement elliptiques (7×5 μ) sont disposées, sur chaque face, en une seule file, très rapprochées on inégalement espacées, les fentes en X atteignent le pourtour de l'aréole sans le dépasser.

Dans le bois du *Leviera laxiflora* Perkins de Nouvelle-Guinée et du *Trimenia weinmanniifolia* Seem. des îles Fidji, la disparition de l'aréole nous amène à la fibre libriforme. Chez le *Mollinedia brasiliensis* Schott. et le *M. chrysorrachis* Perkins, du Brésil, on voit de véritables trachéidés, à nombreuses aréoles circulaires (7 μ) disposées sur chaque face en deux, trois files alternantes. Leur longueur varie de 300 à 400 μ; leur calibre est de 10 μ et l'épaisseur de la paroi de 2,5 μ. Les ouvertures obliques et croisées ne touchent pas le bord de la ponctuation; chez le *M. chrysorrachis*, elles atteignent à peine la moitié du diamètre de l'aréole. D'autre part, chez ces espèces, le bois renferme aussi un plus grand nombre de fibres trachéides de 800 μ à ponctuations plus espacées et

(¹) *Tropical Woods*, 39, 1934, p. 18.

irrégulièrement distribuées; les aréoles mesurent 3 μ et les fentes en X font une forte saillie en dehors du cercle. La cavité de ces fibres est souvent divisée en compartiments par de minces septa de nature pecto-cellulosique.

Chez le *Matthæa sancta* Blume des Indes Néerlandaises, on remarque : 1° quelques rares trachéides de 400 à 500 μ sur 16 à 20 μ, à aréoles circulaires (5 à 6 μ) dont les fentes n'atteignent pas le bord; 2° de nombreuses fibres trachéides de 800 μ, à cavité divisée par de minces septa; les aréoles, irrégulièrement disposées, mesurent 2 à 4 μ et sont plus ou moins dépassées par les fentes en X; 3° des fibres libriformes septées et dépourvues de toute aréole

Dans les tiges de l'*Hedycarya arborea* Forst. de Nouvelle-Zélande et de l'*Hennecartia omphalandra* Poiss. du Paraguay, le bois est caractérisé par des fibres-trachéides, avec ou sans septa, dont les aréoles de 3,5 μ sont dépassées par les ouvertures. Les fibres-trachéides du *Palmeria Fengeriana* Perk., de Nouvelle-Guinée, se distinguent par leurs aréoles de 2 μ dont les fentes touchent le contour sans faire saillie au delà. Chez le *Peumus Boldus* Mol. du Chili et le *Kibara Stapfiana* Perkins des Philippines, on voit seulement des fibres libriformes le plus souvent septées.

S. F. DES ASTHÉROSPERMOÏDÉES. — Nous constatons la présence exclusive de véritables trachéides chez l'*Atherosperma moschatum* Labill., d'Australie, le *Laurelia aromatica* Juss. du Chili et le *Nemuaron Humboldtii* Baill. de Nouvelle-Calédonie. Leur longueur varie de 300 à 700 μ et le diamètre des aréoles de 6 à 8 μ. Le bois du *Daphnandra micrantha* Benth. d'Australie contient deux types de fibres-trachéides : les unes à cavité non septée, à nombreuses aréoles rapprochées (5,5 μ) dont les fentes entrecroisées touchent le pourtour ou le dépassent légèrement; les autres septées à ponctuations inégalement espacées, de 2-3 μ, avec des fentes en X très saillantes en dehors de l'aréole.

Les fibres-trachéides caractérisent aussi le xylème du *Bracteanthus glycycarpus* Ducke de la région amazonienne (aréoles de 3-4 μ à fentes non saillantes) ainsi que du *Doryphora Sassafras* Endl. d'Australie et du *Glossocalyx longicuspis* Benth. d'Afrique tropicale (aréoles de 2-3 μ à fentes saillantes). Chez le *Siparuna brasiliensis* DC., il n'y a que des fibres libriformes.

Le bois des Monimiacées se fait ainsi remarquer par une grande diversité dans la nature des fibres. On distingue : 1° des trachéides du type cycadéen, dépourvues de perforations et à face interne lisse; 2° des fibres trachéides à ponctuations aréolées dont les fentes en X atteignent ou dépassent légèrement le pourtour de l'aréole; 3° des fibres-trachéides à ponctuations dont les ouvertures proéminent fortement au delà du cercle de l'aréole; 4° des fibres libriformes à fentes entrecroisées. Ces diverses fibres, aréolées ou non, ont leur cavité tantôt entière, tantôt divisée par de minces septa de nature pecto-cellulosique.

Au point de vue phylogénétique, cette famille doit occuper un niveau supérieur à celui des Calycanthacées. Chez ces dernières, les trachéides, éléments archaïques, se retrouvent toujours dans le xylème, tandis que, chez les Monimiacées, elles persistent dans un nombre restreint de genres pour faire place, plus souvent, aux fibres-trachéides et aux fibres libriformes. D'ailleurs, la morphologie de la fleur et du fruit permet aussi d'assigner aux Monimiacées un rang plus élevé : La diclinie est fréquente; certains genres sont caractérisés par le passage brusque des sépales aux pétales, d'autres par la réduction des

pièces du périanthe et même parfois leur tendance à se grouper en verticilles; d'autres enfin ont un fruit drupacé. De telles particularités apparaissent comme des indices d'un degré d'évolution plus marqué chez les Monimiacées que chez les Calycanthacées.

PHYSIOLOGIE. — *Influence du choc thermique sur l'aptitude réactionnelle du foie de Rat à l'action glycogénolytique de l'adrénaline*. Note de M. **Léon-I. Képinov**, présentée par M. Paul Portier.

Il est bien connu que l'adrénaline injectée à l'animal normal provoque invariablement un effet hyperglycémique caractérisé dû, comme on l'admet généralement, à une glycogénolyse d'origine hépatique.

Par contre, l'adrénaline est inactive dans le foie isolé et perfusé de rat et de cobaye, puisque sa présence dans un tel foie n'entraîne pas une élévation du taux du glucose dans le liquide de perfusion, ainsi que nous l'avons démontré en 1949.

Toutefois, dans différentes conditions expérimentales, la glycogénolyse adrénalinique peut être déclenchée dans le foie isolé de ces mammifères : par exemple, lorsque l'adrénaline est couplée avec l'hormone antéhypophysaire au cours de la perfusion, ou bien lorsqu'elle est introduite dans le foie isolé d'un rat préalablement dépancréaté ou alloxané, c'est-à-dire dans le foie d'un rat privé d'insuline (1950).

Dans le travail actuel, nous présentons des faits démontrant que l'aptitude réactionnelle du foie vis-à-vis de l'adrénaline peut encore être révélée si ce foie provient d'un rat normal ayant simplement subi, juste avant l'expérience de perfusion, un choc thermique de 40-42°.

Les expériences de perfusion sont effectuées sur le foie de rats mâles, adultes, de 160 à 200 g, normaux ou hypophysectomisés, privés de nourriture le jour de l'expérience.

Faisons remarquer ici en y insistant que, pour les raisons que nous avons déjà exposées ailleurs, le choix du foie de rat (ou de cobaye) constitue un facteur fondamental dans l'étude des propriétés glycogénolytiques de l'adrénaline par la méthode de perfusion (1949).

Les rats sont soumis à l'influence de la chaleur élevée en les maintenant pendant 20-25 mn dans une étuve à 40-42°.

Aussitôt après, une prise de sang est faite sous anesthésie légère et, sans retard, toujours sous anesthésie, le foie est rapidement préparé pour la perfusion, réséqué et immédiatement placé dans l'appareil à perfusion [1]. Après avoir recueilli, vers la fin d'une perfusion préliminaire

---

[1] Les détails sur la préparation du foie et sur le mode de perfusion sont décrits dans notre publication précédente (1950-1951).

de 25 à 30 mn, le premier échantillon de perfusat (première période), nous introduisons immédiatement après, dans le courant du liquide de perfusion, 0,5 mg d'adrénaline. La perfusion est alors poursuivie pendant trois périodes successives de 10 mn chacune.

L'hypophysectomie est pratiquée chez le Rat par la voie parapharyngée, sous anesthésie générale, obtenue par une injection sous-cutanée de Narconumal « Roche » (10 mg dans 1 cm^3 d'eau distillée par rat) et avec une faible quantité d'éther donnée de temps à autre pendant la durée de l'opération.

Les faits obtenus au cours de ces recherches nous montrent que le choc thermique (40-42°) appliqué au rat normal modifie, d'une manière remarquable, l'aptitude réactionnelle du foie de ce mammifère dans un sens tel que celui-ci réagit au cours de la perfusion à l'action glycogénolytique de l'adrénaline, alors que, normalement, il est réfractaire à cette action; l'augmentation de l'intensité de la glycogénolyse atteint, dans cette série d'expériences, en moyenne 60 % environ. Mais ce phénomène ne se produit pas lorsque le choc thermique est appliqué au rat hypophysectomisé. L'expérience montre, en effet, que, dans ce cas, le foie perfusé reste insensible à l'action glycogénolytique de l'adrénaline, le taux du glucose diminue, au contraire, sensiblement dans les trois perfusats recueillis au cours des périodes successives de perfusion qui suivent l'intervention de l'adrénaline. Tout se passe donc comme chez des rats normaux n'ayant pas subi de choc thermique. On peut donc déduire de ces résultats que l'hypophysectomie empêche le choc thermique de rendre le foie des rats sensible à l'action glycogénolytique de l'adrénaline.

Étant donné que, d'une part, le foie isolé de rat normal est réfractaire à l'adrénaline et que, d'autre part, l'extrait hypophysaire et le choc thermique sont capables de créer les conditions qui sont nécessaires à l'adrénaline pour susciter la glycogénolyse dans le foie perfusé de rat normal, il est logique d'admettre : 1° que le foie isolé et perfusé d'un rat normal ne contient pas assez d'hormone hypophysaire et 2° que le choc thermique est un facteur qui stimule la sécrétion hormonale de l'antéhypophyse et ainsi rétablit l'aptitude réactionnelle du foie à l'adrénaline.

Que la température élevée du milieu extérieur puisse exercer une telle influence sur la sécrétion hypophysaire, nous l'avons démontré au cours de nos recherches sur le mécanisme des variations saisonnières de la glycogénolyse hépatique chez les Batraciens (1946-1947); les résultats de ces recherches nous ont, en effet, conduit aux conclusions que l'activité sécrétoire du lobe antérieur de l'hypophyse se trouve chez les poïkilothermes sous la dépendance de la température du milieu extérieur.

Dans les expériences effectuées sur les Mammifères, nous retrouvons donc les faits que nous avons constatés antérieurement au cours de nos recherches sur les poïkilothermes, consacrées au même problème. Cette

conformité des faits obtenus dans des expériences effectuées sur des animaux d'espèces différentes, nous permet d'attribuer à ceux-ci une signification générale. Ainsi se trouve bien confirmé le rôle essentiel de l'hormone glycogénotrope de l'antéhypophyse dans le mécanisme de la régulation de la glycogénolyse fermentaire hépatique qui, selon notre conception, s'accomplit par l'intermédiaire d'un système hormonal dont nous avons antérieurement démontré l'existence et son mécanisme ([2]).

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Répartition de la lumière dans l'image d'un point lumineux sur la rétine*, Note de M. **Albert Arnulf**, Mlles **Odette Dupuy** et **Françoise Flamant**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'observation fovéale par l'œil d'un point lumineux qui envoie sur la rétine un flux croissant depuis le seuil de perception jusqu'à des valeurs élevées, montre que le diamètre apparent de l'image perçue croît de plus en plus; les fluctuations d'accommodation, bien visibles au voisinage du seuil, disparaissent avec l'élargissement de l'image. Ceci nous a conduits à supposer qu'en fait, la structure de l'image optique n'intervient que très peu dans la distribution des éclairements sur la rétine, celle-ci étant due principalement à la diffusion dans les tissus rétiniens. A partir de cette hypothèse, nous avons essayé d'obtenir la courbe des distributions d'éclairement dans l'image visuelle d'un point, en utilisant une méthode dont le principe a déjà été appliqué par Scheiner et Linke aux émulsions photographiques.

Un point lumineux de petit diamètre apparent (0,15 minute d'arc) envoie sur l'œil des flux variables et connus. Pour chacun de ces flux on mesure, au moyen d'un micromètre, le diamètre apparent de l'image du point. Le contour limitant cette image correspond au seuil d'éclairement S de l'œil. Si ce dernier est connu, la distribution des éclairements dans l'image s'en déduit. Fixons arbitrairement l'éclairement en un point A quelconque de la courbe à déterminer, pour un flux Φ_A, à la valeur S_A du seuil en ce point. L'éclairement en un autre point B, de seuil S_B, pour le flux Φ_B, sera :

$$S_B \frac{\Phi_B}{\Phi_A},$$

Il reste donc à déterminer la loi de variation du seuil en fonction de la distance au centre de l'image du point considéré et du flux incident. Pour cela, nous avons mesuré, en fonction du flux incident, la variation du diamètre des

([2]) *Bull. Soc. chim. Biol.*, 28, 1946, p. 813 et 29, 1947, p. 252; *Arch. internat. Physiol.*, 56, 1949, p. 346; *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 606; *J. de Physiol.*, 42, 1950, p. 618; *J. de Physiol.*, 43, 1951, p. 97; *La Presse Médicale*, n°85, 1941, p. 86.

images de diffraction pure obtenues en diaphragmant suffisamment l'œil. Pour un diamètre pupillaire ω, et un flux incident Φ, l'éclairement au centre de la tache de diffraction est donné par la formule

$$E_0 = \frac{\Phi \pi \omega^2}{4 f^2},$$

f étant la focale postérieure de l'œil. On en déduit immédiatement, par les tables de distribution d'éclairement dans la tache de diffraction, l'éclairement en un point situé à une distance quelconque d du centre, donc les éclairements correspondant aux seuils.

On a donc une relation, sous forme graphique, entre ΦS et d, d'où l'on déduit un réseau de courbes donnant S en fonction de d pour diverses valeurs de Φ. Ces courbes sont sensiblement rectilignes, et ont été extrapolées pour les valeurs de d correspondant à la pupille de 4 mm, ce qui constitue la principale incertitude de la méthode. La distribution des éclairements obtenue est donnée dans le tableau II.

TABLEAU I. — *Éclairements de seuil dans l'image de diffraction pour différents diamètres de pupille.*

Diamètre de pupille 0,190 mm. d = abscisse du point à partir du centre.

d	8'65	7'70	7'15	7'375	8'00	9'40	9'85
Log Φ	$\overline{11},256$	$\overline{11},675$	$\overline{10},077$	$\overline{10},559$	$\overline{10},985$	$\overline{9},410$	$\overline{9},916$
S en lux	0,0003129	0,001575	0,005277	0,01435	0,02662	0,02656	0,05519

Diamètre de pupille 0,364 mm.

d	1'665	2'405	3'510	4'250	5'070	5'175	5'520
Log Φ	$\overline{12},926$	$\overline{11},380$	$\overline{11},820$	$\overline{10},641$	$\overline{9},123$	$\overline{9},974$	$\overline{8},480$
S en lux	0,004283	0,009634	0,01292	0,04293	0,03735	0,2186	0,3186

Diamètre de pupille 0,494 mm.

d	2'46	3'16	3'09	3'33	3'82	4'21	4'185
Log Φ	$\overline{11},026$	$\overline{11},562$	$\overline{11},975$	$\overline{10},429$	$\overline{9},246$	$\overline{8},152$	$\overline{8},746$
S en lux	0,004421	0,006086	0,01734	0,03369	0,07292	0,1101	0,5044

TABLEAU II. — *Distribution des éclairements dans l'image d'un point en fonction de la distance au centre.*

Diamètre de pupille 3,85 mm.

d (minutes d'arc)	0'	0',558	0'975	1'355	1'605	2'130	2'440
Intensité relative	1	0,663	0,418	0,280	0,202	0,131	0,070

TABLEAU III. — *Limite de séparation d'une mire de Foucault, en minutes d'arc, en fonction du contraste de la mire.*

Contraste	1	0,5	0,3	0,1	0,04	0,03
Valeurs calculées	1'20	1'65	2'0	3'40	5'10	6'35
Valeurs mesurées	1'45	1'88	2'12	3'62	4'40	5'00

Une première intégration a été faite pour obtenir la distribution des éclairements dans l'image d'une ligne infiniment fine, et une deuxième pour le test de Foucault. On trouve ainsi, pour une valeur du seuil de contraste égale à 0,02, une limite de résolution dont l'ordre de grandeur s'accorde avec les valeurs expérimentales pour différents contrastes.

Il semble probable, à la suite de cette étude, que la diffusion soit le phénomène principal déterminant l'acuité visuelle pour les pupilles naturelles, en vision fovéale.

ENDOCRINOLOGIE. — *Effets de la cortisone sur le testicule des Mammifères et des Oiseaux.* Note de M. **Pierre Leroy**, présentée par M. Robert Courrier.

Les auteurs qui ont signalé l'action de la cortisone sur les glandes sexuelles des animaux donnent peu d'informations. Ingle (1) et Winter (2) pensent qu'elle est sans effet sur les testicules; Antopol (3) la considère comme partiellement inhibitrice.

Au cours d'expériences, faites avec le concours de L. V. Domm à l'Université de Chicago, 70 Rats et Hamsters mâles adultes (intacts, surrénalectomisés ou surrénalectomisés et hypophysectomisés) ont été injectés ou badigeonnés sur la peau avec un acétate de cortisone en suspension dans un excipient (« Cortone » Merck).

Voici la moyenne du poids des testicules par 100 g de poids du corps :

1° *Rats intacts injectés* quotidiennement sous la peau avec 3 mg de cortisone, durant 6 semaines :

a. Témoins : 0,948 g; *b.* Traités : 1,624 g.

2° *Rats intacts badigeonnés* quotidiennement sur la peau dénudée, avec 3 mg de cortisone, durant 6 semaines :

a. Témoins : 0,948 g; *b.* Traités : 1,162 g.

3° *Rats surrénalectomisés injectés* quotidiennement sous la peau avec 2,5 mg de cortisone, durant 29 jours :

a. Témoins : 1,184 g; *b.* Traités : 1,888 g.

4° *Rats surrénalectomisés et hypophysectomisés injectés* quotidiennement sous la peau avec 2,5 mg, 3 mg ou 5 mg de cortisone, durant 29, 12 et 23 jours respectivement :

2,5 mg pendant 29 jours : *a.* Témoins : 0,639 g; *b.* Traités : 0,727 g.

3 mg pendant 12 jours : *a.* Témoins : 0,864 g; *b.* Traités : 0,960.

5 mg pendant 23 jours : *a.* Témoins : 0,479 g; *b.* Traités : 0,791 (*fig* 1).

5° *Hamsters intacts injectés* quotidiennement sous la peau avec 3 mg de cortisone durant 29 jours :

a Témoins : 2,365 g. *b* Traités : 3,001 g.

---

(1) *Clinical Endocrinology*, 10, 1950, p. 1312.

(2) C. A. Winter, R. H. Silber et H. C. Stoerk, *Endocrinology*, 47, 1950, p. 60.

(3) *Proc. Soc. Exper. Biol. Med.*, 73, 1950, p. 262.

Ainsi, en dépit des *variations individuelles*, la moyenne du poids des testicules des animaux traités, est toujours supérieure à celle des témoins. L'ablation de la surrénale ou de l'hypophyse ne contrarie pas les résultats positifs.

Ingle (1950) a pensé que la cortisone, métabolisée dans l'organisme, pourrait avoir des effets androgènes. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons traité quatre coquelets prépubères de la même couvée, âgés de quatre mois (trois autres de même âge ont servi de témoins) et un chapon de deux ans, tous de race pure Leghorn doré. Durant 12 jours consécutifs nous avons donné quotidiennement en injections intramusculaires 12,5 mg de cortisone aux jeunes coqs et 20 mg au chapon. La mensuration de la crête et le poids des animaux ont été pris chaque jour.





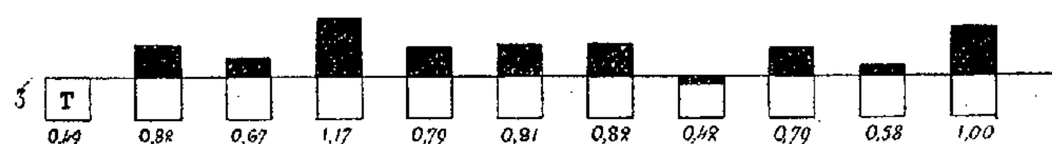


Fig. 1.

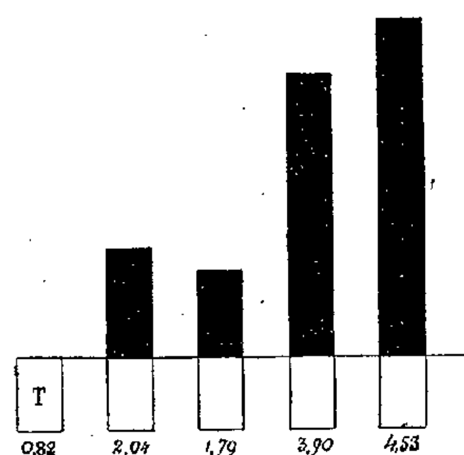


Fig. 2.

Fig. 1. — Rats adultes surrénalectomisés et hypophysectomisés traités à la cortisone. Tableau comparatif du poids des testicules réduit à 100 g du poids du corps.

T : Témoins,
1 : Rats injectés avec 2,5 mg de cortisone durant 29 jours.
2 : Rats injectés avec 3 mg de cortisone durant 12 jours.
3 : Rats injectés avec 5 mg de cortisone durant 23 jours.

Remarquer les différences de dose injectée et de durée du traitement pour les 3 séries, et les résultats obtenus.

Fig. 2. — Coqs impubères traités pendant 12 jours avec 12,5 mg de cortisone. Poids des testicules réduit à 1000 g du poids du corps. — T : Témoins.

Dès le début du traitement, les coqs traités deviennent batailleurs et turbulents. Mis en présence de poules adultes, ils font la parade de l'aile, mais ne cochent pas. Le poids du corps s'est légèrement modifié : on constate une augmentation moyenne de 130 g par animal alors que les témoins ne gagnent que 70 g.

Le chapon en a perdu 150. La crête des coqs injectés se transforme rapidement en taille et en poids; celle du chapon reste petite et farineuse. Les testicules atteignent chez certains plus de quatre fois le poids de ceux des témoins (*fig.* 2).

	Accroissement de la crête		Poids		
	longueur (mm).	long. et haut. (mm).	de la crête (g).	des testicules (g).	du corps (g).
Témoins 788.........	–	–	–	1,335	1,720
» 1131.........	3	3+1	11,52	1,552	1,620
» 1132.........	2	2+0	9,50	1,095	1,450
Traités 1136.........	6	6+3	17,00	3,620	1,770
» 1137.........	11	11+5	23,2	3,632	2,025
» 1138.........	5	5+3	19,5	6,569	1,680
» 1147.........	9	9+5	13,2	7,387	1,630
Chapon 830.........	1	1+(–1)	–	–	1,950

Conclusion. — Dans ces limites expérimentales la cortisone exerce une action favorable sur le développement du testicule des animaux prépubères (Coqs) et adultes (Rats ou Hamsters), que ceux-ci soient intacts, surrénalectomisés ou hypophysectomisés; mais elle est sans effet androgène sur la crête du chapon.

ANATOMIE COMPARÉE. — *La rotation vestibulaire.* Note de M. **Antoine Delattre**, présentée par M. Robert Courrier.

Étude des changements d'orientation des canaux semi-circulaires et définition de l'angle cochléaire.

La paroi interne de l'oreille moyenne n'a pas la même disposition dans les différents groupes de Mammifères; en particulier, la position des fenêtres ronde et ovale est variable. L'étude comparative des vestibules de types aussi éloignés que les Carnassiers et l'Homme est possible à condition de les orienter suivant le plan des canaux semi-circulaires horizontaux. Il est alors aisé de comprendre la transformation subie par le labyrinthe au cours de l'évolution.

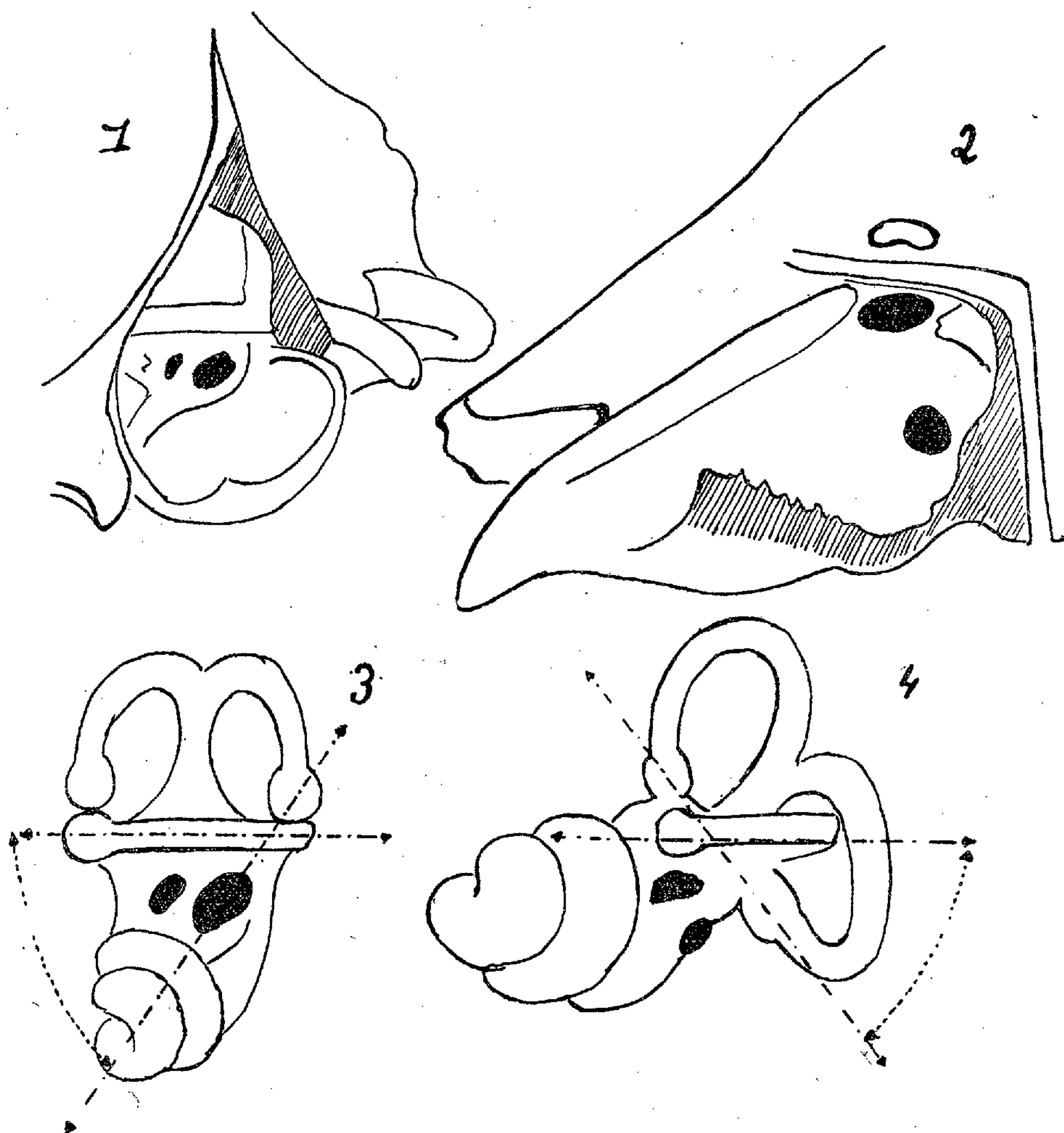
Sur les figures 1 et 2, les parois internes de la caisse du tympan, semblablement orientées, ont été représentées. Elles montrent les positions des fenêtres ovale et ronde chez un Chien à gauche, et chez l'Homme à droite.

Chez le Chien, elles sont sur un même plan horizontal, chez l'Homme la fenêtre ronde est nettement inférieure.

L'étude des labyrinthes osseux, isolés et orientés, met en évidence deux points très importants :

1° La direction du limaçon, donnée par l'axe de la columelle, forme, avec sa projection sur le plan du canal horizontal, un angle que nous proposons d'appeler l'angle cochléaire. Cet angle est de 55° environ chez le Chien (*fig.* 3); chez l'Homme, sa direction est parallèle au plan du canal horizontal.

2° Le plan ampullaire, décrit et mesuré par Beauvieux, forme, avec le plan du canal horizontal, un angle qui varie chez l'Homme de 50 à 75°. Chez le Chien, ce plan est parallèle au plan du canal horizontal. Chez tous les animaux cet angle varie avec la position du *foramen magnum*. Dans le cas ici présenté, sa valeur, chez l'Homme, est de 53° (*fig.* 4).



Ces constatations anatomiques montrent que le canal horizontal d'une part, le limaçon et les canaux verticaux d'autre part, changent de rapports chez l'Homme et s'entrecroisent. Ceci explique le changement de position de la fenêtre ronde. Dans ce mouvement, c'est incontestablement le canal horizontal qui demeure fixe, tandis que le reste du labyrinthe se déplace dans le sens des aiguilles d'une montre, en tournant autour de l'axe vestibulaire, ligne qui unit le centre des canaux horizontaux. En effet, le laby-

rinthe, incorporé au rocher, suit son déplacement et bascule autour de cet axe, ainsi que tous les os qui limitent la loge cérébelleuse. Cette bascule occipitale a une valeur de 70° environ au cours de l'évolution. Elle est liée au redressement du tronc du cou.

Le canal horizontal, au contraire, maintient remarquablement son orientation dans l'espace chez tous les animaux. Le plan de ce canal, perpendiculaire à l'axe du rocher chez les Carnassiers, devient presque parallèle à cet axe chez l'Homme. Il est le plan immuable d'orientation spatiale de la tête et la ligne qui unit le centre des deux canaux horizontaux est réellement l'axe autour duquel le crâne accomplit son développement évolutif.

PROTISTOLOGIE. — *Contribution à la connaissance biologique des* Ellobiopsidæ : *la sporulation chez* Ellobiopsis Fagei *sp. nov.* Note de M. **Raymond Hovasse**, présentée par M. Louis Fage.

Les Ellobiopsidés sont des Protistes parasites externes d'Invertébrés marins, plus particulièrement de Crustacés. Le premier d'entre eux a été décrit en 1910 par M. Caullery sous le nom d'*Ellobiopsis Chattoni*, d'après de rares exemplaires portés par un Copépode peu fréquent à Banyuls, *Calanus helgolandicus*. De nombreuses autres formes ont été reconnues par la suite, principalement par des carcinologues, étudiant, à la suite de H. Coutière (1911), de A. Steuer (1932) et de L. Fage (1936), des Crevettes bathypélagiques recueillies au cours de croisières : ainsi s'est édifiée une connaissance du groupe presque uniquement systématique.

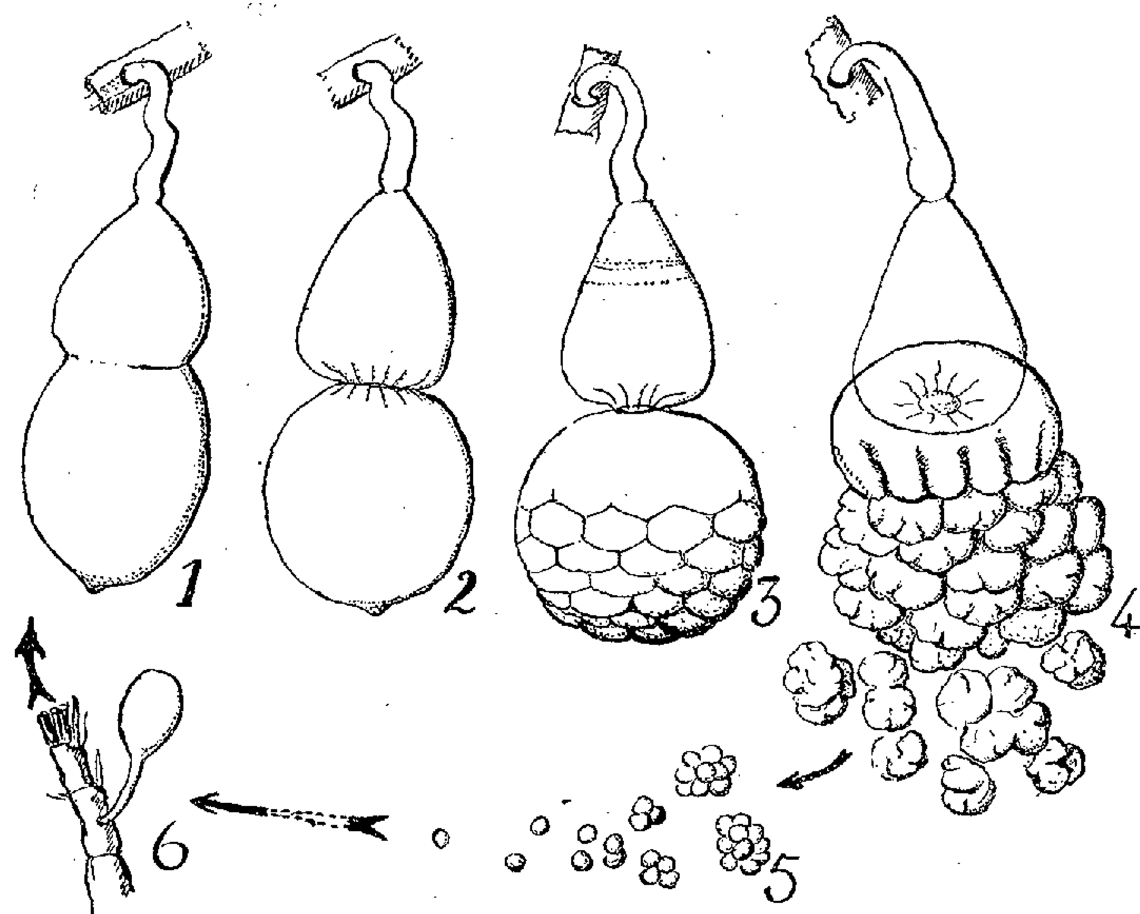
Une seule espèce avait pu être suivie au laboratoire, *Parallobiopsis Coutieri*, découverte par Collin sur les Nébalies du port de Sète (1913). L'ayant retrouvée en 1925 à Marseille, j'ai pu voir l'émission de ses spores, et constater qu'elles sont flagellées, mais munies d'un seul fouet et dépourvues de sillons : elles n'ont donc pas d'affinités péridiniennes. Cependant *P. Coutieri* présente une cytologie très particulière, et cette observation était restée isolée : il était donc intéressant de tenter de la renouveler, autant que possible sur une autre espèce.

Des pêches planktoniques, effectuées à proximité du Musée Océanographique de Monaco en septembre-octobre 1951 m'ont fourni à plusieurs reprises, et en quantité relativement importante un *Ellobiopsis*, voisin de *E. Chattoni*, et dont le Copépode vecteur, très abondant, est *Clausocalanus arcuicornis* Dana [1]. Je propose de dédier cette espèce à L. Fage, et je la désigne par *E. Fagei*. Son étude *in vivo* m'a permis de compléter

(1) Détermination due à M. Rose.

les données antérieures sur *Ellobiopsis*, dues principalement à M. Caullery.

Le parasite est une boule incolore et transparente fixée à son hôte par un pédoncule-suçoir, qui la supporte comme un pendant d'oreilles. Initialement sphérique ou oblong (*fig.* 6), capable de très légers mouvements, le parasite grossit et s'allonge, puis se segmente par une cloison transversale (*fig.* 1), qui sépare un trophomère, relié à l'hôte, d'un gonomère distal. Tous ces stades semblent voisins dans les deux espèces, sauf la taille, plus faible chez E. *Fagei*. (Au maximum de taille, 180 × 80 μ contre 700 × 350 μ chez *E. Chattoni*).



Ellobiopsis Fagei, sp. n., fixé aux appendices de *Clausocalanus arcuicornis*.

1 à 5, stades de la sporulation, *in vivo*, × 250 d. Modifications réalisées en 1 h 30 mn; 6, jeune parasite, *in vivo*, × 250.

Les jeunes parasites s'altèrent très vite, plus vite que leur hôte; si au contraire leur évolution est avancée, c'est l'inverse qui se produit, et la sporulation peut s'effectuer après la mort de l'hôte. Les gros parasites non lésés peuvent donc être suivis quelques heures et il devient ainsi possible d'observer leur sporulation.

Tout parasite à deux articles peut généralement sporuler. Le gonomère, initialement oblong (*fig.* 1) s'arrondit brusquement et une constriction, marquée de plis rayonnants, en accentue la séparation vis-à-vis du trophomère (*fig.* 2), puis, sans qu'il y ait scission totale, l'essaimage des spores se produit. Dans le détail, on note des modifications des deux articles, indices d'une certaine motilité de leur cortex. Sur le trophomère, ce sont des plis transversaux, fugaces, à l'emplacement où se séparera ensuite un

nouvel article basal. Sur le gonomère, dont le cortex est initialement lisse, apparaissent, distalement des saillies à contours polygonaux. C'est l'aspect en « œil à facettes » reconnu chez *P. Coutieri*, où il prélude au perlage, chaque facette étant l'ébauche d'une flagellispore unique, essaimant par ses propres moyens. Chez *E. Fagei*, les facettes sont peu nombreuses, grosses et marquées uniquement sur la face distale de l'article (*fig.* 3). Elles se gonflent et font saillie vers l'extérieur. Puis, sur la base de l'article, hors de la zone des facettes, se dessinent de forts plis longitudinaux, temporaires, contractions actives du cortex. Chacune éjecte un paquet de masses sporales, constituées chacune par une ou plusieurs facettes gonflées, dont la surface est elle-même contractée et plissée. Puis, chacune des masses émises devient une petite mûre qui se scinde en éléments sphériques, lesquels sont les spores (*fig.* 5). Je n'ai pas vu les flagelles, mais certaines masses ont montré des mouvements saccadés, indices possibles de leur poussée, arrêtée de bonne heure.

Le gonomère disparaît ainsi, sauf une cicatrice marquant l'extrémité du nouvel article distal, et bien vue chez *E. Chattoni*, où M. Caullery l'a comparée justement à celle de l'extrémité d'un citron.

La taille des spores est petite : 5 à 6 μ. Or, les plus jeunes parasites rencontrés mesurent au moins cinq fois ce diamètre. On sait que chez *P. Coutieri* il y a fixation directe : il est difficile de ne pas penser plutôt ici à la possibilité d'un stade initial interne, qui permettrait de comprendre aussi la puissance du suçoir.

BIOLOGIE. — *Sur la neuricrinie cérébelleuse et l'hyperneuricrinie cérébelleuse de choc.* Note de M. **Michel Mosinger**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons proposé, avec G. Roussy, en 1934, le terme de neuricrinie pour désigner les processus sécrétoires d'origine nerveuse et nous avons étudié, les premiers, la neuricrinie hypothalamique, chez l'Homme. En tenant compte des résultats de nos recherches sur l'ensemble du système neuro-végétatif, nous avons admis que les processus observés au niveau des noyaux végétatifs de l'hypothalamus n'étaient que l'expression maxima de phénomènes intéressant l'ensemble du système neuro-végétatif. Suivant notre conception, les phénomènes de neuricrinie relevés au niveau des cellules nerveuses ganglionnaires devaient être en rapport avec la transmission humorale des excitations nerveuses.

Au niveau des centres excito-sécrétoires de l'hypophyse (noyaux paraventriculaires et supraoptiques) et du faisceau hypothalamo-hypophysaire décrit par nous avec G. Roussy, nous avons distingué, plus récemment (*Soc. Biol.*, 1951), une neuricrinie cytonale, une neuricrinie axonale et une neuricrinie terminale. La présence simultanée de produits de sécrétion au

niveau des péricaryones et des axones confirme la conception qu'il s'agit de phénomènes en rapport avec la transmission humorale des excitations nerveuses. Cependant, certains auteurs (Scharrer, Bargmann, Stutinsky) pensent que les processus sécrétoires hypothalamiques sont particuliers à ce territoire nerveux et en rapport avec la production d'hormones particulières, notamment neuro-hypophysaires.

En réalité, nous avons déjà pu signaler la présence de produits d'élaboration colorables par la méthode de Gomori (hématoxyline chromique-phloxine) au niveau des cellules ganglionnaires du système neuro-végétatif périphérique et du cortex cérébral (*Soc. Biol.*, 1951).

Ces constatations nous ont incité à rechercher l'existence de phénomènes sécrétoires au niveau d'autres formations neuro-somatiques. Nous avions été frappé, depuis longtemps, par la grande sensibilité, à toutes les formes de choc, des cellules de Purkinje, dans le cortex cérébelleux. Les réactions dégénératives relevées au niveau de ces cellules sont comparables, en intensité, à celles observées au niveau des noyaux paraventriculaires et des noyaux supraoptiques de l'hypothalamus. Effectivement, les cellules de Purkinje, qui se colorent fortement aussi par la méthode tannoferrique de Salazar, contiennent des granulations épaisses gomoriphiles non seulement présentes au niveau des péricaryones, mais également au niveau des dendrites et des axones. Des granulations gomoriphiles s'observent également dans les cellules en corbeille, dans les cellules de Van Gehuchten et leurs dendrites et, enfin, dans les glomérules cérébelleux qui constituent des synapses formées par les articulations des fibres moussues et des terminaisons dendritiques des cellules granuleuses. Ces produits sont augmentés dans les chocs toxiques. Nous désignerons ce phénomène par le terme de « hyperneuricrinie de choc ».

Ces constatations confirment notre conception, suivant laquelle la neuricrinie neuronale est un phénomène général en rapport avec la transmission des excitations nerveuses. La présence de granulations sécrétoires dans des synapses est particulièrement éloquente à ce sujet. Il convient d'envisager les rapports de ces granulations avec l'acétylcholine.

BIOLOGIE. — *Sur l'éthologie du nouveau myrmécobionte* Epimyrma Stumperi (*nov. spec. Kutter*). Note de MM. **Robert Stumper** et **Henri Kutter**, présentée par M. Maurice Caullery.

Par *myrmécobiose* [1], nous entendons la condition de vie de deux espèces de fourmis vivant obligatoirement en commun et dont les rapports entre le parte-

[1] R. Stumper, *Bull. Biolog., France-Belgique*, 84, 1950, p. 376-399; *Bull. Soc. Natural, Luxembourg*, 44, 1950, p. 31-43.

naire autonome de base (hôte) et le partenaire dépendant (myrmécobionte) peuvent aller de la simple cohabitation au parasitisme extrême, en passant par différents degrés de commensalisme. Les mœurs des myrmécobiontes diffèrent donc d'une espèce à l'autre, mais elles demeurent très constantes pour chacune d'elles. Parallèlement au développement de la myrmécobiose se poursuit la spécialisation et la dépendance de l'intrus vis-à-vis de l'hôte, marquées par la régression de certains caractères morphologiques qui vont jusqu'à la disparition de la caste ouvrière. Le genre *Epimyrma*, apparenté au genre *Leptothorax* dont il dérive, est à cet égard particulièrement instructif, car il renferme à la fois des espèces possédant des ouvrières (*E. Kraussei*; *E. Foreli* et *E. Gösswaldi*) et d'autres qui en sont dépourvues (*E. Vandeli* et probablement *E. Ravouxi*). Des six espèces décrites jusqu'à présent nous ne connaissons d'une façon suffisante que l'éthologie de deux d'entre elles : *Epimyrma Vandeli* ([2]) et *E. Gösswaldi* ([3]).

Nous avons la faveur de pouvoir compléter cette documentation par nos observations sur un nouveau représentant du genre; *Epimyrma Stumperi* (Kutter) ([4]). Après la découverte du mâle en 1948 par l'un de nous (Kutter), dans une colonie de *Leptothorax tuberum nigriceps* (Mayr), à Binn, dans le Haut-Valais, nous avons cherché et trouvé, en 1950, à Saas-Fee, sept associations *Epimyrma Stumperi-Leptothorax nigriceps* et, en 1951, au même endroit, six autres de ces associations, renfermant des ♀♀ et ☿☿ de la nouvelle espèce, mais toujours en proportions relativement faibles (± 10 %) vis-à-vis des individus de l'hôte, chez lesquels les femelles-hôtesses manquaient toujours. Des treize associations mixtes trouvées, une seule renfermait deux ☿☿ *Epimyrma*, les autres seulement un ♀ ; la monogynie étant la règle. Nous complétons, dans cette Note, les recherches effectuées par l'un de nous (Kutter) ([5]) en 1950.

Epimyrma Stumperi représente une espèce myrmécobiotique alpine, à aire de distribution plutôt restreinte, se bornant, d'après nos connaissances actuelles, aux Alpes Valaisanes d'entre Binn et Saas-Fee (1700-2000 m d'altitude). Nous l'avons vainement recherchée sur le versant sud du Simplon, bien que l'hôte n'y soit pas rare. *Epimyrma Stumperi* est le myrmécobionte obligatoire de *Leptothorax nigriceps*; ses mandibules sont réduites en faucilles, mais les ☿☿ ne sont pas esclavagistes. L'ouvrière est peu active, lente dans ses mouvements, bien qu'elle puisse manifester, par temps chaud, des instincts meurtriers à l'égard des ☿☿ de l'hôte, qu'elle attaque par la nuque. D'ailleurs

---

([2]) A. Vandel, *Bull. Soc. Entom. France*, 1927, p. 289-295.
([3]) *Zeitschr. f. wiss. Zool.*, 136, 1930, p. 464-484 *id.*, 144, 1933, p. 262-288.
([4]) *Bull. Soc. Entom. Suisse*, 23, 1950, p. 337-346.
([5]) *Bull. Soc. Entom. Suisse.*, 24, 1951, p. 153-174.

les ☿ ☿ de *Leptothorax nigriceps*, tenues en nid artificiel et en colonie simple, mutilent parfois leur propre reine. Les ☿ ☿ d'*Epimyrma Stumperi* sont capables de se nourrir d'une façon autonome, mais elles préfèrent provoquer la régurgitation chez les ☿ ☿ de l'hôte. L'intrusion de la femelle d'*E. Stumperi* chez l'hôte et ainsi la fondation de la nouvelle association mixte se fait par la violence, comme chez les autres *Epimyrma*, mais elle présente des particularités inattendues. Cette adoption est précédée par un astucieux camouflage olfactif, actif de la part du myrmécobionte et est suivie par l'assassinat de la reine *Leptothorax* par la femelle intruse, selon une tactique nouvelle. La femelle fraîchement fécondée d'*E. Stumperi* cherche, après le vol nuptial, à s'introduire dans une

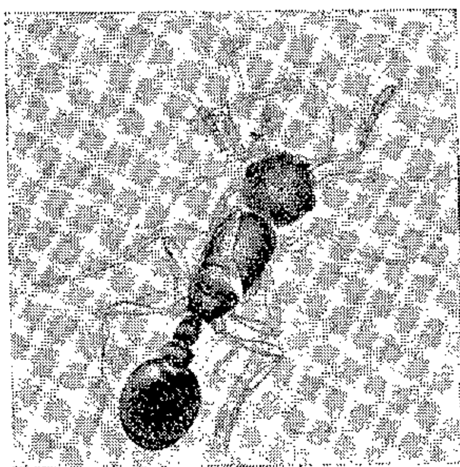


Fig. 1.

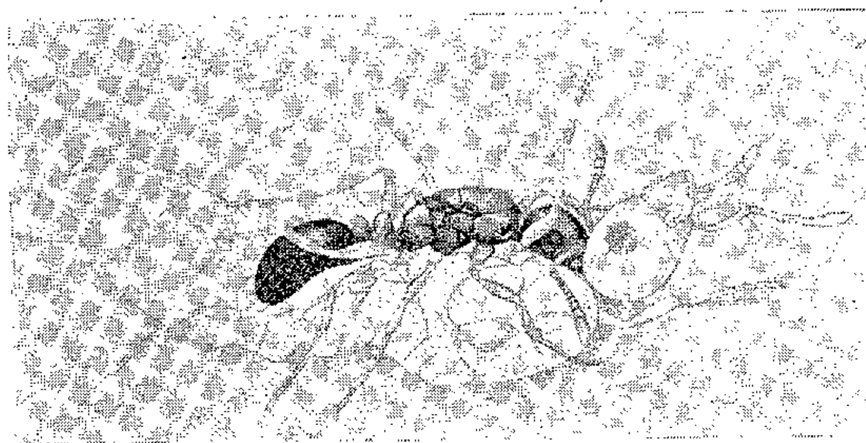


Fig. 2,

Fig. 1. — Ouvrière d'*Epimyrma Stumperi* pratiquant le camouflage olfactif.
Fig. 2. — Femelle d'*Epimyrma Stumperi* égorgeant la reine de l'hôte *Leptothorax nigriceps*.
(Dessins de M. Limsenmaier.)

colonie de l'hôte, dont les réactions vis-à-vis d'elle sont d'abord franchement hostiles, au point que, dans la majorité des cas, l'intruse est tuée, ce qui explique sa rareté relative. L'intruse cherche à calmer les ouvrières-hôtesses qu'elle rencontre par un jeu caressant des antennes, par une immobilisation et par des fuites répétées. Puis elle monte subitement sur le dos d'une ouvrière, s'y accroche et commence à enduire activement, au moyen de ses pattes, son propre corps des exsudations cutanées de la porteuse (*fig.* 1). Elle atténue ainsi sa propre odeur et force la barrière olfactive des *Leptothorax*. Puis elle s'attaque à la reine-hôtesse, qu'elle renverse sur le dos et l'extermine progressivement par un étranglement de la gorge (*fig.* 2). Elle se substitue enfin à la reine tuée, jouit des soins que lui apportent les ouvrières de l'hôte, commence à pondre des œufs qui sont soignés par ces dernières. Cet instinct meurtrier de la ♀ *E. Stumperi* ne se manifeste que pendant une assez courte période, suivant de près sa fécondation. En principe, l'association *Epimyrma Stumperi* — *Leptothorax nigriceps* restera hétérogène jusqu'à la disparition naturelle des ouvrières des hôtes; mais, comme celles-ci sont capables de pondre des œufs parthénogénétiques d'ouvrières, l'association mixte pourra persister.

BIOLOGIE DES INSECTES. — *Influence de la lumière sur le développement de la Teigne de la farine* (Ephestia Küehniella *L.*). Note de M. **Jacques Missonnier**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les larves de la Teigne des farines *Ephestia Küehniella* L. font preuve d'un phototropisme négatif très net. Nous avons effectué des élevages de ces insectes sous différentes conditions d'éclairage, dans le but de mettre en évidence d'autres effets de la lumière. Nous avons utilisé de grandes boîtes de Pétri de 24 cm de diamètre, dont le fond était recouvert d'une mince couche d'un mélange composé de deux parties de farine de blé pour une partie de son. Chaque boîte a reçu au maximum 250 œufs et 45 g du mélange nutritif. Tous les mélanges ont été faits à une température moyenne de 27°C. L'éclairage était assuré par des tubes luminescents du type « Lumière du jour », placés à 45 cm au-dessus des boîtes.

Les essais ont été divisés en deux parties :

1° Influence de la durée d'éclairage;

2° Influence de la radiation lumineuse.

1. Influence de la durée d'éclairage. — *a. Durée d'incubation des œufs.* — Il n'y a eu aucun effet appréciable : à 24°, la durée moyenne a été de 117 h à l'obscurité continue, de 114 h 30 mn sous un éclairage permanent (l'éclairement lumineux, mesurée à l'aide d'une cellule photoélectrique à couche d'arrêt, était de 280 lux au niveau des œufs).

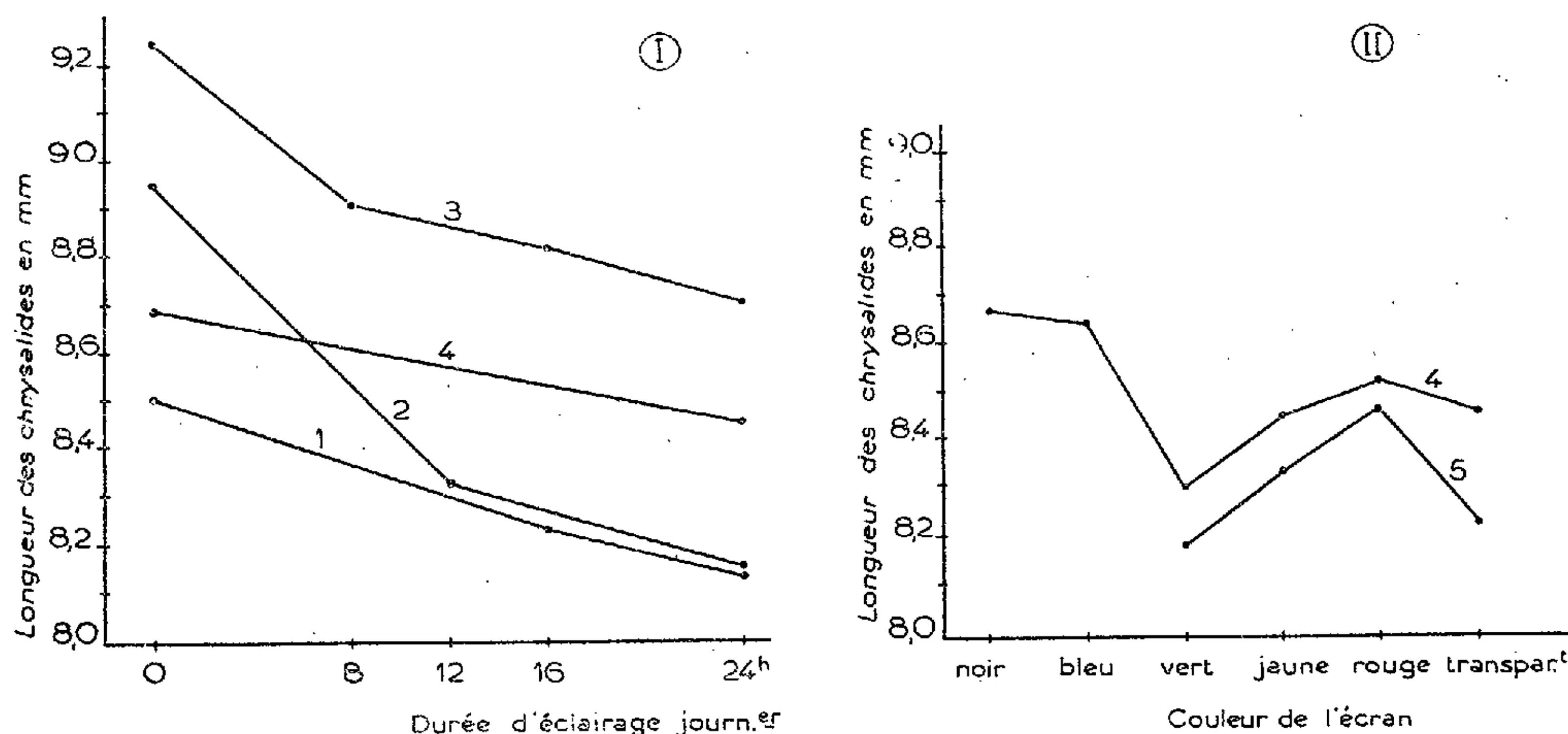
b. Durée du développement total. — Il n'y a eu aucune différence nette. Dans deux essais, réalisés chacun avec deux répétitions, sous un éclairage permanent ou à l'obscurité permanente, les sorties d'adultes se sont effectuées entre le 45ᵉ et le 70ᵉ jour après la ponte; 50 % des papillons étaient apparus, dans les deux cas, le 56ᵉ jour.

c. Longueur des chrysalides. — Des différences sensibles ont été notées entre les lots, au cours de quatre essais. Les résultats des mensurations sont donnés sur le graphique n° 1 (tous les lots de chaque essai étaient constitués avec des œufs d'*Ephestia* ayant la même origine).

L'exposition à la lumière semble donc entraîner une diminution de la taille des chrysalides. Dans les diverses expériences, les longueurs moyennes des chrysalides de chaque lot sont significativement différentes : la probabilité P pour que les populations des lots d'une même expérience soient identiques est partout inférieure à 5 %. Ce n'est cependant pas le cas, dans les expériences 1 et 3, des populations élevées sous 16 h et 24 h d'éclairage journalier; P est ici égal à 17 %.

Les expériences 1, 2 et 3 ont été réalisées avec éclairement lumineux

de 280 lux au niveau des élevages; l'expérience 4 a été faite avec un éclairement de 45 lux : même dans ce dernier cas, il y a une différence significative entre les longueurs moyennes des chrysalides des *Ephestia* élevés en permanence à la lumière et à l'obscurité.



2. *Influence de la radiation.* — Des élevages ont été effectués sous des écrans colorés en rhodoïd qui laissaient passer les radiations suivantes :

Écran bleu : 4 350 à 4 960 Å.
Écran vert : 4 960 à 5 460 Å.
Écran jaune : 5 100 à 6 200 Å.
Écran rouge : 6 000 à 6 200 Å.

Les résultats sont donnés par le graphique II. L'élevage en lumière bleue n'amène pas une diminution de la taille des chrysalides par rapport à l'élevage réalisé à l'obscurité permanente. La lumière verte, jaune ou rouge entraîne une diminution très sensible, surtout la lumière verte.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude des restes N-terminaux dans les sérumalbumines de diverses espèces (suivie d'une remarque sur la stabilité des dinitrophényl-aminoacides pendant l'hydrolyse).* Note de M. **Pierre Desnuelle** et Mlles **Mireille Rovery** et **Colette Fabre**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Ayant eu l'occasion d'appliquer la technique de Sanger [1] à la sérumalbumine de bœuf, nous avons constaté que cette protéine contient de l'acide

---

[1] *Biochem. Journ.*, 39, 1945, p. 507.

aspartique à l'extrémité amincie de ses chaînes peptidiques (position *N*-terminale). La même remarque a été faite récemment pour la sérumalbumine de cheval ([2]). Il nous a donc paru intéressant d'étendre nos investigations à d'autres sérumalbumines et d'en préciser l'aspect quantitatif.

Les sérumalbumines humaine, de bœuf et de porc sont facilement préparées en suivant la technique décrite ([3]) pour la sérumalbumine de cheval (sulfate d'ammonium à demi-saturation). Le pH de cristallisation diffère légèrement selon les cas (bœuf, porc, homme : 4,4; cheval : 4,7). Tous les échantillons ont été cristallisés au moins trois fois à la température ordinaire sans la moindre difficulté.

Après traitement des protéines par le 1.2.4-fluorodinitrobenzène (FDNB) et hydrolyse chlorhydrique ([1]), seul l'acide dinitrophénylaspartique (DNP-aspartique) peut être identifié dans les quatre cas. En tenant compte des pertes pendant l'hydrolyse (*voir* plus loin) et en rapportant les résultats à 69 000 g de protéine, les quantités molaires de ce DNP-dérivé sont : 1,04 (homme), 1,08 (bœuf), 0,86 (porc) et 0,82 (cheval). Les quatre albumines semblent donc contenir une seule chaîne peptidique « ouverte » par mol ([*]), avec chaque fois un reste aspartique en position *N*-terminale. Elles manifestent ainsi une analogie structurale frappante.

Il n'est pas sans intérêt de rappeler ici que le nombre des chaînes peptidiques des globines ([6]) et la nature de leurs restes *N*-terminaux peuvent au contraire varier sensiblement selon l'espèce (Homme : 2 valines et 2 méthionines; Cheval : 6 valines; Bœuf : 5 valines). L'analogie fondamentale de structure que nous venons de constater chez les sérumalbumines ne signifie d'ailleurs pas que ces protéines soient identiques. Bien que l'on ait décelé chez elles un ensemble de caractères communs ([4]), ([5]), ([7]), leur teneur en certains aminoacides paraît, jusqu'à plus ample informé, les différencier nettement ([4]), ([5]).

([2]) G. Bizerte et R. Osteux, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 50.

([3]) *Techniques de Laboratoire* (Addendum I), Masson, Paris, 1947.

([*]) Notons ici que le calcul ($\alpha - NH_2 = NH_2 -$ total $- \varepsilon - NH_2$ de la lysine) semble indiquer l'existence de 9-10 chaînes ouvertes dans les sérumalbumines humaine et de bœuf ([4]), ([5]). Ce désaccord n'est pas pour nous surprendre. Dû probablement à une erreur systématique par excès du premier terme de la différence précédente, il est en effet extrêmement fréquent ([8]).

([4]) E. Brand, B. Kassel et L. J. Saidel, *Journ. Clin. Invest.*, 23, 1944, p. 437.

([5]) E. Brand, *Ann. N. Y. Ac. Sc.*, 47, 1946, p. 187.

([6]) R. R. Porter et F. Sanger, *Biochem. Journ.*, 42, 1948, p. 287.

([7]) E. J. Cohn, W. L. Hughes et J. H. Weare, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 1753.

Pendant l'hydrolyse acide, la stabilité des DNP-aminoacides n'est pas absolue. Il faut donc déterminer à l'avance des coefficients de correction. En faisant bouillir pendant 18 h de l'acide DNP-aspartique dans HCl 5,8 N (température du bain : 130° ± 1°), les coefficients suivants ont été obtenus :

Substance ajoutée.	Récupération (%).
Aucune	58
Sérumalbumine (bœuf)	23
Globine (cheval)	25
DNP-albumine	65
DNP-globine	68
Tous les aminoacides des protéines	33
Cystéine	0
Tous les aminoacides (sauf la cystéine)	56

Ces chiffres montrent clairement que la dégradation de l'acide DNP-aspartique est beaucoup plus importante en présence de protéine qu'en présence de DNP-protéine. Tout semble donc se passer comme si cette dégradation était accélérée par certains groupes protéiques latéraux, que le traitement au FDNB bloque ou détruit. Nos échantillons de protéines contenant des SH libres, nous avons ajouté de la cystéine au milieu d'hydrolyse. Cette cystéine provoque effectivement la disparition totale de l'acide DNP-aspartique (*), (8).

Au cours des essais réels, le traitement au DNFB précède l'hydrolyse. Il est donc indispensable d'effectuer les essais-témoins, non en présence de protéine comme on le conseille quelquefois (6), mais en présence d'une quantité convenable de DNP-protéine.

Un coefficient de correction égal à 100/65 a été utilisé dans le présent travail. Tous les dosages colorimétriques ont été faits à 3 500 Å, à l'aide d'un spectrophotomètre de Beckman.

(*) La DNP-alamine, la DNP-sérine (et probablement beaucoup d'autres DNP-aminoacides) subissent également une importante dégradation en présence de cystéine.

(8) A. C. Chibnall, *Proc. Roy. Soc.*, 131 B, 1943, p. 136.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la cortisone sur la teneur en acides nucléiques de divers tissus.* Note (*) de MM. **François Gros**, **Serge Bonfils** et **Michel Machebœuf**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le traitement de lapins par la cortisone provoque de précoces modifications dans la teneur du foie en acide désoxypentosenucléique. La cocarboxylase est antagoniste de cette action.

Depuis l'isolement de la cortisone par Kendall, Reichstein et Pfiffner, de nombreux travaux ont porté sur les effets métaboliques de cette hormone. Diverses perturbations biologiques ont été observées au niveau de certains organes, particulièrement dans les tissus hépatique et rénal ainsi que dans le système lymphocytaire. On a pu montrer que le traitement par ce corticostéroïde favorise l'oxydation de la proline et de l'acide α-cétoglutarique dans les homogénats de reins ([1]), accroît l'activité de l'arginase et diminue celle de la phosphatase alcaline au niveau du foie ([2]).

En général, chez les animaux traités par la cortisone, le bilan protidique est négatif, mais le foie subit une surcharge glycogénique et lipidique. Il est difficile d'entrevoir, parmi ces manifestations, celle qui est fondamentale pour l'action thérapeutique. Nous nous sommes attachés à ce problème en comparant la nature chimique d'homogénats d'organes chez des animaux traités par la cortisone et chez des témoins.

Nous rapportons seulement aujourd'hui certaines données relatives aux variations de teneurs en acides nucléiques de différents tissus au cours du traitement hormonal.

Des lapins (poids moyen 2 kg) furent soumis à des injections intramusculaires quotidiennes de 20 mg d'acétate de cortisone (Merck) (11-dehydro-17-hydroxycorticostérone). Après 7 jours de traitement, les animaux sont sacrifiés ainsi que des témoins. A l'autopsie, on peut remarquer une hypertrophie considérable du foie, une fonte des muscles striés et une diminution de volume de la rate. On prélève les principaux organes dans les 5 mn qui suivent la mort et on les congèle (—15° C). Après lavage par le liquide de Ringer-Krebs, on découpe les tissus, puis on les broye dans un homogénéiseur électrique (« Waring Blendor »). Le broyage au sein d'eau distillée dure 2 mn (15 000 t : mn, température 0° C). Dans les homogénats, on dose l'azote total et les acides nucléiques.

(*) Séance du 15 octobre 1951.

(1) Umbreit et Tonhazy, *J. Biol. Chem.*, 191, 1951, p. 249.

(2) Kochakian, *Arch. Biochem.*, 33, 1951.

Ceux-ci sont extraits selon Schneider [3]. L'acide pentosenucléique (PNA) est dosé selon Albaum et Umbreit [4] [5]; l'acide désoxypentose nucléique (DPNA) selon Dische [6].

Les résultats d'une expérience type figurent dans le tableau ci-dessous. Les teneurs des divers organes en acides nucléiques sont exprimées pour 100 d'azote total.

		Foie.	Rate.	Cerveau.	Muscle.	Rein.
Témoin...	DPNA.....	14	57	17	5,6	20,6
	PNA.......	19,8	18	12,4	3	14,8
Cortisone.	DPNA.....	9	65	21	6,8	23
	PNA.......	20,8	17	13	3,6	14,9

Au 7e jour, on observe les faits suivants :

1° La teneur en PNA des divers organes n'est pas influencée par la cortisone ;

2° Au contraire, la teneur en DPNA subit des modifications importantes et de sens différents suivant les organes : nette diminution dans le foie (33 %), augmentation faible, mais systématique dans les autres organes;

3° En sacrifiant des animaux régulièrement au cours du traitement par la cortisone, nous avons constaté que la teneur du foie en DPNA subit dès le 2e jour, une diminution d'environ 30 % et ne se modifie plus pendant les jours suivants. L'effet constaté apparaît donc très tôt.

Nous avons comparé l'action d'un autre corticostéroïde : l'acétate de désoxycorticostérone ; il n'entraîne aucune modification dans les teneurs en DPNA du foie. On sait, d'autre part [7], que la cocarboxylase est, dans une certaine mesure, antagoniste de la cortisone. Nous avons étudié son action seule ou combinée avec celle de l'hormone.

Le traitement par la cocarboxylase seule à haute dose (15 mg par jour) entraîne une forte augmentation (70 %) de teneur en DPNA du foie et une faible diminution de la teneur en PNA. Les effets sont donc à l'opposé de ceux de la cortisone.

En associant cortisone et cocarboxylase, on assiste à des modifications très proches de celles qu'entraîne la cocarboxylase seule (augmentation DPNA, 58 %). C'est donc l'action du coenzyme qui l'emporte ici,

---

(3) *J. Biol. Chem.*, 161, 1945, p. 253.
(4) *J. Biol. Chem.*, 167, 1947, p. 370.
(5) Beljanski, *Ann. Inst. Past.*, 76, 1949, p. 451.
(6) *Microchemie*, 8, 1930, p. 4.
(7) Coste, Bonfils, Delbarre et Civatte, *Presse Médicale* (sous presse).

ce qui fait expliquer son action antagoniste à l'égard de certains effets physiologiques de la cortisone.

L'action que nous mettons en évidence ici sur les teneurs en DPNA des tissus et particulièrement du foie, doit être rapprochée, semble-t-il, des conclusions de Green [8] qui ont noté un pouvoir antimitotique du stéroïde. Rappelons d'ailleurs que les organes du système lymphocytaire (Thymus, rate), particulièrement riches en DPNA subissent, sous l'influence de la cortisone, une dégénérescence marquée et que divers poisons de la mitose ont une action anti-inflammatoire prononcée.

On peut rapprocher l'action sélective sur le tissu hépatique du fait que le métabolisme des corticostéroïdes s'effectue exclusivement au niveau du foie.

La séance est levée à 15 h 45 mn.

L. B.

---

[8] *Brit. Medic. J.*, 1950, 1, p. 1165.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 OCTOBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Charles Dufraisse** présente un livre de MM. Antoine Willemart et René Chaux intitulé : *Les grandes fonctions de la Chimie organique et leurs principales applications*, dont il a écrit la *Préface*. Ce manuel permet à toute personne, munie de connaissances élémentaires en chimie, de se mettre rapidement au courant des notions indispensables pour comprendre les diverses applications de la Chimie organique.

M. **Auguste Chevalier** dépose sur le Bureau un Ouvrage intitulé : *Plant Embryology*, par Donald Alexander Johansen, édité par *Chronica Botanica Company* (*).

L'Auteur a rassemblé, coordonné et résumé tous les travaux anciens et récents sur l'Embryologie végétale. Parmi les auteurs anciens, sont cités de nombreux savants qui appartinrent à notre Compagnie comme membres titulaires ou correspondants étrangers de la Section de botanique : E. Strasburger, Melchior Treub, René Tulasne, P.-E. Duchartre, Léon Guignard, etc. ; comme principal spécialiste de la troisième et actuelle période, Donald Johansen cite notre Confrère, M. René Souèges, dont les travaux d'embryogénie ont commencé en 1910 et se poursuivent actuellement. Suivant l'Auteur, il est le fondateur de l'Embryonomie des Angiospermes.

M. **Selman A. Waksman** adresse une série de tirages à part concernant ses travaux sur les antibiotiques.

(*) Séance du 25 juin 1951.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Léon Binet** et **Georges Guillain** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu le 11 novembre 1951 à la Faculté de médecine, pour commémorer le souvenir des Médecins et Étudiants en médecine, morts pour la France au cours des événements de guerre 1939-1945.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Lecomte** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Physique générale, par le décès de M. *Aimé Cotton*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° René Taton. *Documents nouveaux concernant Desargues.*

2° British Aluminium Company. *Aluminium in the chemical and food industries.*

3° *Proceedings of the seventh Pacific Science Congress of the Pacific Science Association, held at Auckland and Christchurch, New Zeeland, 2nd February to 4th March* 1949.

4° Panstwowy Instytut biologii doswiadczalnej im. M. Nenckiego. Biblioteka. *Spis zagranicznych biologicznych czasopism i wydawnictw ciagłych znajdujacych sie w bibliotekach Polskich. Materialy Bibliograficzne.*

5° *Annali dell' Osservatorio Vesuviano.* Quinta Serie. Volume unico celebrativo del 1° centenario dell' Osservatorio Vesuviano.

6° *Journal of the Institute of Polytechnics.* Osaka City University. Vol. I. Series D. *Biology.*

7° *Technical Reports of the Engineering Research Institute.* Kyoto University. Vol. I, nos 1, 2, 3, 4, 5.

8° Abbé Chauve-Bertrand. *La réforme du Calendrier.*

Il signale également un fascicule polycopié :

La Probabilité a priori (*et l'*a priori *en probabilité*), par André G. Laurent.

ALGÈBRE. — *Une loi de réciprocité (préliminaires).* Note de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soient k un corps (de degré fini) de nombres algébriques, K une extension algébrique finie de k, n le degré de K/k, $D_{K/k}$ son discriminant; P étant un idéal premier de K, et p étant celui de k que P divise, soient K^{P}/k^{p} (qui sera noté $\overline{K}/\overline{k}$ quand cela ne prêtera pas aux confusions) l'extension locale de K/k pour P, et $|\ldots|_{P}$ sa valuation. Un entier α de $\overline{K}$ est dit *discriminantiel* dans $\overline{K}/\overline{k}$, si le discriminant de α dans $\overline{K}/\overline{k}$ est égal à celui $D_{\overline{K}/\overline{k}}$ de $\overline{K}/\overline{k}$. On sait que si α l'est, tout $\beta \equiv \alpha (\operatorname{mod} P^{2})$ $(\beta \in \overline{K})$ l'est également, et que $|\alpha|_{P} \geq |P|_{P}$. Le polynome minimal $f_{\alpha/\overline{k}}(x)$ d'un $\alpha \in \overline{K}$ est dit *discriminantiel* dans $\overline{K}/\overline{k}$ si α l'est, et est dit *discriminantiel* tout court s'il l'est dans $\overline{k}(\alpha)/\overline{k}$. La condition pour qu'il le soit s'exprime, donc, par certaines congruences, auxquelles doivent satisfaire ses coefficients. Soit $S^{(d)}_{\overline{K}/\overline{k}}$ l'ensemble des polynomes discriminantiels dans $\overline{K}/\overline{k}$.

On sait [1] que si l'on organise l'ensemble $S_{\overline{k}}$ des polynomes normés irréductibles dans $\overline{k}$ en un espace ultramétrique par la distance

$$d_{n}(f, g) = |R(f, g)^{lm:n}|_{P}$$

[où $R(f, g)$ est le résultant des $f(x)$, $g(x) \in S_{\overline{k}}$, et où l, m sont leurs degrés], il existe un nombre réel positif $r_{\overline{K}/\overline{k}}$ (déterminé par les nombres de ramification et par les ordres des hypergroupes de ramification de $\overline{K}/\overline{k}$) tel que, pour tout $f \in S^{(d)}_{\overline{K}/k}$, le cercle (circonférencié) de centre f et de rayon $r_{\overline{K}/\overline{k}}$ dans $S_{\overline{k}}$ soit le plus petit cercle de ce centre, qui contient un $g(x)$ ne définissant aucune surextension de K/k. Ainsi, si $g(x) \in S_{\overline{k}}$ est de degré n, et si $d_{n}(f, g) < r_{\overline{K}/\overline{k}}$, g définit K/k (et, d'ailleurs, est $\in S^{(d)}_{\overline{K}/\overline{k}}$). Soit $\mathfrak{F}_{K/k,P}$ la puissance de P (d'exposant, en général, fractionnaire, à moins que K^{P}/k^{p} ne soit galoisienne) telle que $|\mathfrak{F}_{K/k,P}|_{P} = r_{\overline{K}/\overline{k}}$. Le produit $\mathfrak{F}_{K/k}$ de tous les $\mathfrak{F}_{K/k,P}$ pour tous les $P \mid D_{K/k}$ et de tous les idéaux à l'infini $P_{\infty,i}$ de k, ramifiés dans K/k, est dit le *conducteur* de K/k. Si K/k est abélienne, ce conducteur coïncide avec celui que donne la théorie classique des corps de classes. Si $K'/k \subseteq K/k$, et si P' est l'idéal premier de K' divisible par P, le théorème de Herbrand sur la ramification dans les corps intermédiaires (généralisé par l'auteur) [2] montre que, si $f_{\alpha/\overline{k}}(x)$ est $\in S^{(d)}_{\overline{K}'/k}$ et si $\beta \in \overline{K}'$, $d_{n'}(f_{\alpha/\overline{k}}, f_{\beta/\overline{k}}) < r_{\overline{K}/\overline{k}}$ (où n' est le degré de K'/k) entraîne $|\alpha - \beta|_{P'} < r_{\overline{K}/\overline{K}'}$. Un $\alpha \in K$ et, aussi, $f_{\alpha/k}(x)$ correspondant

(1) *Voir* M. Krasner, *Colloque Int. Alg. et Théorie des nombres.* Paris, 1949, p. 29-40.

(2) *Voir* M. Krasner, *Thèse, Mém.* (in-4°) *Acad. Roy. Belgique* (Cl. d. Sc.), **11**, 1937, p. 1-110.

seront dits *discriminantiels* dans K/k jusqu'à C, où C est un nombre réel positif, si, pour tout $P \mid D_{K/k}$ et pour tout P dont la norme absolue $N_K(P)$ est $\leqq C$, α est discriminantiel dans K/k.

Étant donné un ensemble Π d'idéaux premiers P de K et un $f(x)$ définissant K/k, le choix d'un zéro $\alpha \in K$ de $f(x)$ définit un facteur irréductible $f_{\alpha,P}(x) = f_{\alpha/\bar{k}}(x)$ de $f(x)$ dans $\bar{k} = k^p$ (où $P \mid p$). On appellera la famille paramétrisée $f_{\alpha,\Pi}$ des $f_{\alpha,P}$, $P \in \Pi$, la Π-*projection* de $f(x)$ *pour* α (dont $f_{\alpha,P}$ sera dite la P-*coordonnée*), et l'ensemble des $f_{\alpha,\Pi}$ pour tous les zéros $\alpha \in K$ de $f(x)$ (le nombre de tels $f_{\alpha,\Pi}$ distincts est au plus n) sera noté f_Π^K. Si f et g sont deux polynomes $\in S_{\bar{k}}$, ayant des zéros dans K, et si F est un idéal (pouvant avoir des facteurs à l'infini) de K, dont l'ensemble des facteurs premiers est Π, on dira que $f \equiv g \pmod{F}$ s'il existe un $f_{\alpha,\Pi} \in f_\Pi^K$ et un $g_{\beta,\Pi} \in g_\Pi^K$ tels que : 1° pour tout idéal premier fini $P \in \Pi$, $f_{\alpha,P}$ et $g_{\beta,P}$ ont un même degré n^P et l'on a $d_{n^P}(f_{\alpha,P}, g_{\beta,P}) \leqq |F|_P$; 2° pour tout idéal à l'infini P_∞ de K divisant Π, f_{α,P_∞} et g_{β,P_∞} ont un même degré et le terme constant d'un même signe.

Supposons dorénavant que K/k soit une extension galoisienne, et soit D_K le discriminant absolu de K. Soit Π l'ensemble des idéaux premiers (finis ou infinis) P de K, qui ou bien divisent $D_{K/k}$, ou bien ont leurs normes absolues $N_K(P) \leqq \sqrt{|D_K|}$. Soit $\Lambda_{K,k}$ le produit des $P \in \Pi$ finis, et soit $\mathfrak{F}^*_{K/k}$ l'idéal $\mathfrak{F}_{K/k} \Lambda_{K/k}$. J'avais démontré antérieurement ([3]) une « loi de monodromie », dont il résulte facilement que, *si f et g définissent des sous-extensions de K/k, et si $f(x)$ est discriminantiel jusqu'à $\sqrt{|D_K|}$ dans $k(\alpha)/k$, la congruence $f \equiv g \pmod{\mathfrak{F}^*_{K/k}}$ entraîne l'isomorphie de ces extensions.*

Ceci étant, soit $G_{K/k}$ le groupe de Galois de K/k, Z_P le groupe de décomposition d'un idéal premier P de K dans K/k, $\sigma(P)$ le symbole de Frobenius de P dans K/k (quand P ne divise pas $\mathfrak{F}_{K/k}$), $\Sigma(p)$ le symbole d'Artin dans K/k de l'idéal premier p de k que P divise. Σ étant la classe des élements conjugués d'un $\sigma \in G_{K/k}$, on notera Σ^i celle de σ^i. On écrira $\Sigma^* < \Sigma$ si $\Sigma^* = \Sigma^i$ avec un $i \neq 1$ divisant l'ordre des $\sigma \in \Sigma$ (c'est bien une relation d'ordre). Soit $\mathfrak{A}$ l'ensemble des sous-extensions K'/k de K/k telles que K/K' soit abélienne, minimales par rapport à cette propriété. Notons P' l'idéal premier de K' divisible par P.

Lemme. — *p_1 et p_2 étant deux idéaux premiers de k ne divisant pas $\mathfrak{F}_{K/k}$, et P_1 étant un diviseur premier de p_1 dans K, si, pour tout $K'/k \in \mathfrak{A}$, tel que P'_1 soit de degré* 1 *dans K'/k, il existe un facteur premier P'_2 de p_2 dans K'/k tel que $P'_2 \equiv P'_1$ (mod. $\mathfrak{F}_{K/K'}$), on a $\Sigma(p_1) \leqq \Sigma(p_2)$.*

Démonstration. — p_1 et p_2 sont premiers à $\mathfrak{F}_{K/k}$, donc à $D_{K/k}$. Ils ne sont donc pas ramifiés dans K/k, $\Sigma(p_1)$ et $\Sigma(p_2)$ sont définis, et les groupes de décomposition de leurs facteurs sont cycliques. Il existe donc une $K'/k \in \mathfrak{A}$ telle que $Z_{P_1} \in G_{K/K'}$ et P'_1 est de degré 1 dans K'/k. Par suite, $\sigma(P_1)$ est aussi le

([3]) *Voir* M. Krasner, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1113, et **226**, 1948, p. 535.

symbole d'Artin de P'_1 dans K/K'. Si P_2 est un diviseur premier de P'_2 dans K, le symbole d'Artin de P'_2 dans K/K' est la plus petite puissance $\sigma(P_2)^i$ de $\sigma(P_2)$, appartenant à $G_{K/K'}$. Donc i divise l'ordre de $\sigma(P_2)$. Comme $P'_2 \equiv P'_1 \pmod{\mathfrak{f}_{K/K'}}$, on a, en vertu de la loi de réciprocité d'Artin, $\sigma(P_2)^i = \sigma(P_1)$; d'où $\Sigma(p_1) = \Sigma(p_2)^i$. C. Q. F. D.

Corollaire. — *Si la condition précédente est aussi vérifiée quand on permute p_1 et p_2, on a* $\Sigma(p_1) = \Sigma(p_2)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Algèbres unitaires et espaces de Ambrose.* Note (*) de M. Robert Pallu de La Barrière, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Démonstration à partir d'un système restreint d'axiomes d'un théorème fondamental de la théorie des espaces de Ambrose (H-systems). La définition basée sur la notion d'algèbre unitaire permet un procédé général de construction.

Définition 1. — Une algèbre unitaire est une algèbre A munie d'une involution $u \to u^\star$ et d'une structure d'espace préhilbertien au moyen d'un produit scalaire (u, v), vérifiant les axiomes suivants :

(AU.1) $(vu, w) = (u, v^\star w)$.

(AU.2) $(u, v) = (v^\star, u^\star)$.

(AU.3) Pour tout u, l'opérateur $v \to vu$ est continu pour la topologie forte définie par la structure préhilbertienne.

(AU.4) Les éléments de la forme uv sont denses dans A.

Définition 2. — Un espace de Ambrose est un espace de Hilbert H vérifiant les axiomes suivants :

(EA.1) Sur H existe une application antilinéaire involutive $x \to x^\star$, telle que $(x, y) = (y^\star, x^\star)$.

(EA.2) Sur H est partiellement définie une multiplication. Nous noterons L_x et R_x les opérateurs de multiplication à gauche et à droite par x.

(EA.3) Il existe une variété linéaire $A \subset H$, dense dans H, sur laquelle la structure hilbertienne de H, l'involution et la multiplication induisent une structure d'algèbre unitaire ([1]). Nous dirons que A est une algèbre unitaire sous-jacente à H.

(EA.4) Le produit xu est toujours défini si $x \in H$ et $u \in A$. Si l_x est la restriction de L_x à A on a $L_x = l^\star_{x^\star}$.

On comparera cette définition à celle donnée par Ambrose pour les

---

(*) Séance du 22 octobre 1951.

([1]) Ceci suppose en particulier que A soit stable pour l'involution et que le produit de deux éléments de A soit toujours défini.

« H-systems » (²). La définition 2 est en apparence moins restrictive que celle de Ambrose. L'objet principal de cette Note est de montrer l'équivalence des deux définitions.

Il est aisé de montrer que, étant donné une algèbre unitaire A il existe sur l'espace complété H une structure d'espace de Ambrose et une seule H(A) telle que A vérifie (EA.3) et (EA.4).

On montre également qu'étant donné une algèbre unitaire A, pour tout u, l'opérateur $v \to uv$ est continu, ce qui entraîne que pour tout espace de Ambrose H, le produit ux est toujours défini si $x \in \mathrm{H}$ et $u \in \mathrm{A}$. On a de plus, si r_x est la restriction R_x à A : $\mathrm{R}_x = r^{\star}_{x^\star}$. Appelons élément borné tout élément a tel que L_a ou R_a (l'un entraîne l'autre) soit borné. L'ensemble B des éléments bornés est une algèbre unitaire sous-jacente à H contenant A. Si L et R sont les *algèbres faiblement fermées engendrées respectivement par les opérateurs L_a et R_a pour $a \in \mathrm{B}$ on a $L' = R$. Ces résultats élémentaires ou connus étant rappelés, on peut énoncer le théorème fondamental suivant :

Théorème. — *Pour tout* $x \in \mathrm{H}$ *on a* $\mathrm{L}^{\star}_x = \mathrm{L}_{x^\star}$ (*et* $\mathrm{R}^{\star}_x = \mathrm{R}_{x^\star}$).

Démonstration. — On vérifie facilement qu'il suffit de démontrer la relation $\mathrm{L}_x = l^{\star\star}_x$. Posons $\mathrm{L}'_x = l^{\star\star}_x$. On montre tout d'abord que L_x, $\mathrm{L}'_x \,\eta\, L$ et que $\mathrm{L}'_x \subset \mathrm{L}_x$. L_x étant fermé, posons $\mathrm{L}_x = \mathrm{VA}$, A étant autoadjoint positif et V partiellement isométrique avec $\mathrm{A} \,\eta\, L$, $\mathrm{V} \in L$ et $\mathrm{A} = \mathrm{V}^\star \mathrm{L}_x$. Soit $\mathfrak{E}$ et $\mathfrak{F}$ les variétés initiale et finale de V.

Montrons tout d'abord que $x \in \mathfrak{F}$. On utilise à cet effet la relation facile à vérifier : $\mathrm{ML}_x \subset \mathrm{L}_{\mathrm{M}x}$ pour $\mathrm{M} \in L$, qui permet d'écrire $\mathrm{VV}^\star \mathrm{L}_x \subset \mathrm{L}_{\mathrm{VV}^\star x}$, c'est-à-dire $\mathrm{L}_x \subset \mathrm{L}_{\mathrm{VV}^\star x}$, d'où trivialement $x = \mathrm{VV}^\star x$. Donc $x \in \mathfrak{F}$ et par suite $\mathrm{V}^\star x \in \mathfrak{E}$.

On démontre ensuite que $\mathrm{V}^\star \mathrm{L}_x = \mathrm{L}_{\mathrm{V}^\star x}$. On a déjà $\mathrm{V}^\star \mathrm{L}_x \subset \mathrm{L}_{\mathrm{V}^\star x}$. Soit alors $y \in \mathrm{D}_{\mathrm{L}_{\mathrm{V}^\star x}}$. Ceci s'écrit $\mathrm{V}^\star x \in \mathrm{D}_{\mathrm{R}_y}$ et entraîne $\mathrm{VV}^\star x \in \mathrm{D}_{\mathrm{R}_y}$ (car $\mathrm{R}_y \,\eta\, R$ et $\mathrm{V} \in L$) ou $x \in \mathrm{D}_{\mathrm{R}_y}$, c'est-à-dire $y \in \mathrm{D}_{\mathrm{L}_x}$. Donc $\mathrm{V}^\star \mathrm{L}_x = \mathrm{L}_{\mathrm{V}^\star x}$.

On démontre également que $\mathrm{V}^\star \mathrm{L}'_x = \mathrm{L}'_{\mathrm{V}^\star x}$. Soit en effet $y \in \mathrm{D}_{\mathrm{L}'_x}$. Il existe une suite d'éléments $y_n \in \mathrm{A}$ tels que $y = \lim y_n$ et $xy = \lim xy_n$. On a alors $(\mathrm{V}^\star x) y_n = \mathrm{R}_{y_n} \mathrm{V}^\star x = \mathrm{V}^\star \mathrm{R}_{y_n} x = \mathrm{V}^\star (xy_n)$. Par suite $\mathrm{V}^\star (xy) = \lim (\mathrm{V}^\star x) y_n$. Donc $y \in \mathrm{D}_{\mathrm{L}'_{\mathrm{V}^\star x}}$ et $\mathrm{L}'_{\mathrm{V}^\star x} = \mathrm{V}^\star (xy)$, ce qui entraîne $\mathrm{L}'_{\mathrm{V}^\star x} \supset \mathrm{V}^\star \mathrm{L}'_x$. Inversement si $y \in \mathrm{D}_{\mathrm{L}'_{\mathrm{V}^\star x}}$, il existe une suite d'éléments $y_n \in \mathrm{A}$ tels que $y = \lim y_n$ et $(\mathrm{V}^\star x) y = \lim (\mathrm{V}^\star x) y_n = \lim \mathrm{V}^\star (xy_n)$. $\mathrm{V}^\star (xy_n)$ ayant une limite il en est de même de $\mathrm{VV}^\star (xy_n) = xy_n$ ($xy_n \in \mathfrak{F}$, du fait que $x \in \mathfrak{F}$ et que $\mathfrak{F} \,\eta\, L$). Donc $y \in \mathrm{D}_{\mathrm{L}_x}$ et par suite $\mathrm{V}^\star \mathrm{L}'_x = \mathrm{L}'_{\mathrm{V}^\star x}$.

Remarquons que $\mathrm{A} = \mathrm{V}^\star \mathrm{L}_x = \mathrm{L}_{\mathrm{V}^\star x}$ étant autoadjoint, on a $\mathrm{L}_{\mathrm{V}^\star x} = \mathrm{L}^\star_{\mathrm{V}^\star x} = \mathrm{L}'_{(\mathrm{V}^\star x)^\star}$,

---

(²) Ambrose, *Trans. Americ Math. Soc.*, 65, 1949, p. 26. Dans mes précédentes Notes (*Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1994 et 2071) j'ai utilisé le terme d' « algèbre hilbertienne » pour désigner les « H-systems » de Ambrose. L'abandon de cette terminologie m'a paru nécessaire pour éviter des confusions avec la notion d'algèbre unitaire, qui est due à R. Godement.

ce qui permet d'écrire que $V^\star x = (V^\star x)^\star$ et que $L_{V^\star x} = L'_{V^\star x}$. On vérifie enfin facilement que $L'_x = VV^\star L'_x$. On peut alors écrire :

$$L'_x = VV^\star L'_x = VL'_{V^\star x} = VL_{V^\star x} = VV^\star L_x = L_x,$$

ce qui termine la démonstration.

Conséquences. I. — Soit A une algèbre unitaire et A_1 une sous-*algèbre de A dense dans A. A_1 est une algèbre unitaire et les espaces de Ambrose $H(A)$ et $H(A_1)$ sont identiques.

II. Soient H un espace de Ambrose et A_1 une algèbre unitaire sous-jacente à H dense dans H. Soient l'_x et r'_x les restrictions de L_x et R_x à A_1. On a pour tout $x \in H$, $L_x = l'^{\star\star}_x = l'^{\star}_{x^\star}$ et $R_x = r'^{\star\star}_x = r'^{\star}_{x^\star}$.

III. Si A est une algèbre unitaire, il existe sur l'espace complété une structure unique d'espace de Ambrose H telle que A soit une algèbre unitaire sous-jacente à H.

IV. Tout espace de Ambrose est un « H-system ».

V. Soit G un groupe localement compact unimodulaire. L'espace L^2 des fonctions de carré sommable par rapport à la mesure de Haar est un espace de Ambrose, si on le munit de l'involution $f(x) \to \bar{f}(x^{-1})$ et de la multiplication $f, g \to f \star g$ (produit de composition) définie si $f \star g \in L^2$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la sommation des séries divergentes et les théorèmes taubériens*. Note (*) de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Pour une série $\Sigma u_k [u_k = o(1)]$, toute fonction sommatoire $g(u)$ définie par un polynome entier en u constitue un procédé de sommation équivalent du point de vue de la convergence à la moyenne de Cesaro (C, m), m étant l'ordre du zéro $u = 1$. Premières généralisations.

Voici le théorème qui fait l'objet de cette Note [1].

Σu_k étant une série donnée $[u_k = o(1)]$, $g(u)$ un polynome entier en u dont on considère les valeurs pour $0 \leq u \leq 1$, admettant $u = 1$ pour zéro d'ordre $m \geq 0$, la condition nécessaire et suffisante pour que le procédé (g) appliqué à Σu_k, converge, est que la moyenne de Cesaro (C, m) converge.

Soit $g(u) = a_0 + a_1 u + \ldots + a_p u^p$. On a vu que si (C, m) converge et si $u = 1$ est zéro d'ordre m de g, g converge.

Le principe de la démonstration de la propriété réciproque consiste à transformer g en un polynome simple : $(1 - u)^p$ ou 1, au moyen des fonctions

(*) Séance du 22 octobre 1951.

(1) *Voir* Note précédente pour les définitions et les notations. *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 908.

sommatoires $G_z(g, u)$. Nous supposons $g(1) \neq 0$, c'est-à-dire $m = 0$. Les autres cas $(m > 0)$ s'en déduisent facilement.

Soit $h(z_1, z_2, \ldots, z_p, u)$ le polynome entier obtenu en itérant p fois l'opération $H(u) - uz\,H'(u)$, où $H_0(u) = (1-u)^p$ et où z prend les valeurs $z_1, z_2, \ldots, z_p$ (réelles ou complexes).

On montre alors que tout polynome $g(u)$ peut se mettre sous la forme $h(z_1, \ldots, z_p, u)$; les z_k sont déterminés de manière unique par le système

$$\prod_{k=1}^{p}(1 - qz_k) = \frac{(-1)^q a_q}{C_p^q} \qquad (q = 1, 2, \ldots, p),$$

sont non nuls, ni égaux à un entier > 0, $\leq p$.

On trouve alors que

$$G_{\frac{1}{z_1}, \frac{1}{z_2}, \ldots, \frac{1}{z_p}}[h(z_1, \ldots, z_p, u), u] \equiv (1-u)^p.$$

La convergence de $g(g(1) \neq 0)$ entraîne alors celle de (C, p) et de proche en proche, on en déduit que le procédé (1) converge. Donc *si g converge et si $g(1) \neq 0$, Σu_k converge.*

Une autre méthode consiste à transformer $g(u)$ en une constante. On détermine les nombres réels ou complexes $\zeta_1, \ldots, \zeta_p$ et les paramètres réels ou complexes $\lambda_1, \ldots, \lambda_p$ tels que

$$g_p(u) = g(u) + \sum_{k=1}^{p} \lambda_k G_{\zeta_k}(g, u) + \sum_k \sum_j \lambda_k \lambda_j G_{\zeta_k, \zeta_j}(g, u) + \ldots + \lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_p G_{\zeta_1, \ldots, \zeta_p}(g, u) = \text{const.}$$

On constate que $\zeta_k = (1/z_k)$ (les z_k sont les nombres déterminés dans la première méthode), que $\lambda_k = (k/z_k) - 1$, que les ζ_k sont les zéros de

$$\sum_{q=0}^{p} \frac{a_q}{q - \zeta} = 0 \qquad (a_0 + \ldots + a_p \neq 0).$$

On trouve alors que $g_p(u) = g(1)$.

Remarques. — 1° On voit immédiatement que $\mu_1, \ldots, \mu_p$ étant des paramètres convenables,

$$g + \sum_{k=1}^{p} \mu_k G_{\zeta_k}(g) = g(1).$$

2° Ces méthodes reviennent à construire une fonction $\gamma(u)$ continue pour $0 < u \leq 1$ telle que $G_\gamma(g, u) = g(1)$. $g(u)$ étant réel, on voit facilement que $\gamma(u)$ est réelle;

3° L'emploi de ces opérateurs $G_z(g)$ permet de démontrer le théorème d'équivalence lorsque $g = \Sigma a_q u^{\alpha_q}$ ($\alpha_q > 0$ non entier) ou lorsque $g = P + \log_\nu u Q$. P et Q étant des polynomes entiers, $\log_\nu u$ étant le $\nu^{\text{ième}}$ logarithme itéré. La seule hypothèse est l'ordre du zéro $u = 1$.

4° L'hypothèse de la continuité de g' pour $0 < u \leqq 1$ est importante lorsqu'il s'agit de passer au cas général. On peut en effet construire une fonction sommatoire $g(u)$, nulle pour $1/2 \leqq u \leqq 1$, continue pour $0 \leqq u \leqq 1$, à variation bornée, à dérivée première non continue et qui constitue un procédé (g) équivalent à $(C, 1)$ bien que $u = 1$, soit zéro de tout ordre;

5° Les résultats que nous avons obtenus dans l'étude de la saturation des procédés de sommation des séries de Fourier, montrent que dans ce phénomène un rôle important est dévolu à l'ordre du zéro $u = 0$ pour $g(u) - g(0)$. On voit apparaître le résultat général sur lequel nous reviendrons en toute rigueur : *le comportement de g au point $u = 1$ règle la convergence, le comportement de g aux points $u = 0$ et $u = 1$ règle l'approximation et la saturation.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la convergence d'interpolations linéaires. III. Fonctions continues.* Note (*) de M. **István Sándor Gál**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

L'objet de la présente Note est analogue à celui de notre Note précédente : Nous allons examiner les interpolations linéaires qui sont convergentes sur un sous-ensemble donné du domaine de définition. Nous donnons un critérium nécessaire et suffisant pour qu'une interpolation ait cette propriété.

Dans une Note précédente [1] nous avons donné un critère nécessaire et suffisant pour qu'une interpolation généralisée soit convergente en certains points donnés à l'avance si la fonction $f(x)$ pour laquelle on l'utilise est bornée partout et continue dans ces points fixés. Quand on considère le problème analogue dans le cas où la fonction $f(x)$ est supposée continue partout, il est naturel de se restreindre à un domaine de définition compact. Donc on a la définition :

Soit K un ensemble compact arbitraire du plan complexe. Soient donné deux suites doubles $\{z_k^{(n)}\}$ et $\{\omega_k^{(n)}(z)\}$; $k = 1, 2, \ldots, k_n$; $n = 1, 2, \ldots$, *telles que* $z_k^{(n)} \in K$, $z_{k_1}^{(n)} \neq z_{k_2}^{(n)}$ *pour* $k_1 \neq k_2$, $\omega_k^{(n)}(z) = \omega_k^{(n)}(x, y)$ *étant des fonctions complexes arbitraires. On appelle alors la suite*

$$A^{(n)}(f; z) = \sum_{k=1}^{k_n} f[z_k^{(n)}]\, \omega_k^{(n)}(z),$$

(*) Séance du 22 octobre 1951.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 347.

l'interpolation linéaire attachée aux points fondamentaux $z_k^{(n)}$ *et aux fonctions fondamentales* $\omega_k^{(n)}(z)$.

Pour mieux expliquer nos résultats, définissons encore une classe de ces interpolations linéaires de la manière suivante (²) :

DÉFINITION. — *Soit donné un sous-ensemble* S *fermé et situé dans le domaine de définition* K. *L'interpolation* $A^{(n)}(f; z)$ *appartient à la classe* A(S) *si* $A^{(n)}(f; z) \to f(z)$ *uniformément dans* z *pour chaque* $z \in S$, *la fonction complexe* $f(z)$ *étant continue sur* K.

Il est évident que dans ce cas nous obtenons des conditions plus larges que celles de la Note précédente. En effet les deux premières hypothèses sont les mêmes et la troisième devient moins restrictive. Cela concerne la fonction définie ci-dessous :

Étant donné $\mu > 0$ *et* $z \in K$, *considérons une suite de sous-ensembles* $I_\nu \subset K$ $(\nu = 0, 1, \ldots)$ *ayant les propriétés suivantes :* $z \in I_0$; $\bar{I}_{\nu_1} \cap \bar{I}_{\nu_2} = \emptyset$ *et* $\bigcup_{\nu \geq 0} I_\nu = K$; *le diamètre de* I_ν $(\nu = 0, 1, \ldots)$ *ne surpasse pas* μ. *Soit* $J(\mu)$ *la famille de tous les systèmes de sous-ensembles* $\{I_\nu\}$ *satisfaisant à ces conditions. Posons*

$$W(n, z; \mu) = \inf_{\{I_\nu\} \in J(\mu)} \left[\sum_{\nu \geq 1} \left| \sum_{z_k^{(n)} \in I_\nu} \omega_k^{(n)}(z) \right| \right].$$

A partir de ces définitions on peut montrer :

THÉORÈME. — *Pour que l'interpolation* $A^{(n)}(f; z)$ *appartienne à la classe* A(S) *les conditions suivantes sont nécessaires et suffisantes :*

(I) $$\sum_{k=1}^{k_n} \omega_k^{(n)}(z) \to 1 \quad \textit{uniformément sur } S;$$

(II) $$\sum_{k=1}^{k_n} |\omega_k^{(n)}(z)| \leq H < +\infty \quad (H \textit{ indépendant de } z \in S \textit{ et de } n);$$

(III) $$W(n, z; \mu) \to 0 \quad \textit{uniformément sur } S$$

pour chaque $\mu > 0$ *donné à l'avance.*

Il est évident que l'hypothèse (III) est plus large que l'hypothèse analogue de la Note précédente qui s'énonçait :

$$\sum_{|z_k^{(n)} - z| > \mu} |\omega_k^{(n)}(z)| \to 0 \quad \text{uniformément sur } S$$

pour tout $\mu > 0$ donné. Il est facile de construire des systèmes d'interpolations

(²) L'ensemble S correspond à l'ensemble K_c de la Note précédente. Il faut remarquer que les notations infortunées K_c et K'_c ont causé deux fautes d'impression; donc à la fin de la définition (p. 349) il faut lire comme suit : ... *pour tout* $C \subset S$ *fermé* $A^{(n)}(f, z) \to f(z)$ *uniformément sur* C, *pourvu que* $f(z)$ *soit borné sur* K *et continu sur* C.

où cette dernière condition n'est pas satisfaite mais où les hypothèses (I), (II) et (III) sont valables. Telle est par exemple une simple modification du processus de S. Bernstein : posons $K = S = [0, 1]$ et choisissons $x_k^{(n)} = k/n$ $(k = 0, 1, \ldots, n)$ et

$$\omega_k^{(n)}(x) = \binom{n}{k} x^k (1-x)^{n-k} + (-1)^k \frac{x+1}{n}.$$

C'est une interpolation qui converge pour tout $f(x)$ $(0 \leqq x \leqq 1)$ continue, mais on peut trouver pour chaque $x \in [0, 1]$ une fonction bornée continue au point x, pour laquelle l'interpolation diverge.

On peut considérer les problèmes analogues dans le cas où la convergence $A^{(n)}(f; z) \to f(z)$ n'est pas supposée uniforme dans S. On voit immédiatement que la solution de cette question est contenue dans le résultat ci-dessus, car notre théorème est encore vrai si l'ensemble S se réduit à un seul point $z \in K$.

Notons de plus que notre méthode de démonstration permet de considérer des domaines de définitions beaucoup plus généraux que des sous-ensembles compacts du plan complexe. Par exemple la même démonstration fournit notre théorème ci-dessus également si K est un sous-ensemble arbitraire compact de n'importe quel espace euclidien de dimension finie. Nous nous sommes borné à l'étude précédente parce que nous nous proposons d'examiner les problèmes similaires pour des fonctions $f(x)$ moins générales, et de nous restreindre plus tard aux fonctions fondamentales d'un genre particulier (par exemple l'interpolation par polynomes).

Nous pensons pour ce dernier problème que notre condition (III) sera plus facile à appliquer dans une autre forme

(III *bis*) $$\sum_{k=1}^{k_n} (x_k^{(n)})^u (y_k^{(n)})^v \omega_k^{(n)}(z) \to x^u y^v$$

uniformément sur S pour tout $u, v = 0, 1, \ldots$ où $x_k^{(n)} + i y_k^{(n)} = z_k^{(n)}$. On peut facilement obtenir cette condition à partir des résultats récemment publiés par M. J. Favard ([3]).

ÉLASTICITÉ. — *Sur la réactivité des solides.*

Note (*) de M. **Jean Mandel**, présentée par M. Albert Caquot.

Nous étudions ici les déformations dans le temps d'un solide visco-élastique, en admettant que les contraintes t_{ij} soient fonctions linéaires des déformations g_{ij} et des vitesses de déformation $\dot{g}_{ij}$,

(1) $$t_{ij} = (\lambda\theta + \lambda'\dot{\theta})\delta_{ij} + 2\mu g_{ij} + 2\mu' \dot{g}_{ij}.$$

([3]) *Annali di Matematica*, 4e série, 29, 1949, p. 259.

(*) Séance du 22 octobre 1951.

θ : dilatation cubique, $\dot{\theta}$: vitesse de dilatation cubique, δ_{ij} : tenseur unitaire.

Les équations de l'équilibre (forces d'inertie négligées) s'écrivent :

$$(2) \qquad (\lambda+\mu)\frac{\partial\theta}{\partial x_i}+\mu\,\Delta u_i+(\lambda'+\mu')\frac{\partial\dot{\theta}}{\partial x_i}+\mu'\Delta\dot{u}_i+\rho X_i=0 \qquad (i=1,2,3).$$

Elles déterminent les trois fonctions $u_i(x_1, x_2, x_3, t)$, composantes du déplacement, lorsqu'on leur adjoint : *a*. les conditions au contour; *b*. les conditions initiales (déplacements initiaux). Le caractère linéaire des équations permet d'en superposer les solutions.

Supposons les forces ou déplacements imposés invariables. Considérons :

1° Une solution $u_i^\infty(x_1, x_2, x_3)$, indépendante de t, satisfaisant pleinement aux équations (2) et aux conditions *a*.

2° Des solutions de la forme $u_i(x_1, x_2, x_3)e^{-\alpha t}$ satisfaisant aux équations (2) et aux conditions (*a*) rendues homogènes. Les équations (2) prennent la forme

$$(3) \qquad (\lambda^+ + \mu^+)\frac{\partial\theta}{\partial x_i}+\mu^+\Delta u_i=0$$

en posant

$$\lambda^+=\lambda-\alpha\lambda', \qquad \mu^+=\mu-\alpha\mu'.$$

E. et F. Cosserat ont montré (1) que ces équations et conditions homogènes n'ont de solution différente de zéro que pour certaines valeurs réelles non positives du rapport $\mu^+ : k^+$ en posant $k^+=3\lambda^+ + 2\mu^+$. Ces valeurs constituent un spectre discontinu si le domaine étudié D est fini. Les valeurs correspondantes de α se répartissent dans l'intervalle μ/μ', $(3\lambda+2\mu)/(3\lambda'+2\mu')=k/k'$. Pour deux valeurs propres différentes α_p, α_q, on a

$$(4) \qquad \int_D \theta_{(p)}\theta_{(q)}\,d\tau=0 \qquad (d\tau = \text{élément de volume}).$$

$\mu^+ : k^+ = 0$ (ou $\alpha=\mu/\mu'$) est une valeur propre remarquable, pour laquelle les fonctions u_i sont indéterminées, astreintes seulement à s'annuler sur les portions du contour où sont donnés les déplacements, et à fournir une dilatation cubique nulle.

Formons alors la solution

$$(5) \qquad u_i=u_i^\infty - v_i e^{-\frac{\mu}{\mu'}t}-\sum_p A_p u_{i_{(p)}} e^{-\alpha_p t},$$

où nous avons mis en évidence les fonctions indéterminées v_i correspondant à $\mu^+=0$.

Cette solution satisfait aux équations (2) et aux conditions (*a*). Pour qu'elle satisfasse aux conditions initiales, nous déterminons :

---

(1) *Comptes rendus*, **126**, 1898, p. 1089; **127**, 1898, p. 315; **133**, 1901, p. 145, 271, 326, 361, 382.

1° les A_p de manière que la dilatation cubique initiale ait la valeur imposée

$$\theta^0 = \theta^\infty - \sum_p A_p \theta_{(p)},$$

d'où par (4)

$$A_p = \int_D (\theta^\infty - \theta^0)\, \theta_{(p)}\, d\tau : \int_D \theta_{(p)}^2\, d\tau;$$

2° les fonctions v_i (satisfaisant bien aux conditions qui leur sont imposées) par les voleurs données des déplacements initiaux u_i^0

$$v_i = u_i^\infty - u_i^0 - \sum_p A_p u_{i_{(p)}}.$$

Les durées $\tau_0 = \mu/\mu'$, ..., $\tau_p = 1/\alpha_p$, ... sont les durées de relaxation. Si $\mu'/\mu < k'/k$ la plus petite est τ_0, la plus grande est k'/k, valeur pour laquelle il n'y a pas de distorsion, ou une valeur voisine de k'/k. On observera au début une déformation sans changement de volume, à la fin une déformation sans distorsion.

Si une charge est appliquée brusquement, d'après (1), les déplacements initiaux sont nuls; vitesses et contraintes initiales sont les mêmes que déplacements et contraintes dans un corps élastique qui aurait pour coefficients de Lamé λ' et μ'. La formule (5) définit l'évolution des déplacements dans le temps. De ce cas on passe à celui d'une charge Q appliquée avec la valeur Q_0 à l'instant O, mais *variable ensuite*, en superposant les effets de la charge Q_0 et des charges additionnelles dQ appliquées par la suite. Comme dans le cas des sols ([2]), on retrouve ainsi la formule proposée par Boltzmann pour l'étude des phénomènes héréditaires. De plus, la forme de la fonction mémoire intervenant dans cette formule est précisée : c'est une somme d'exponentielles d'argument négatif $-\alpha_p t$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Application de la méthode de Lighthill à un écoulement plan supersonique*. Note (*) de M. **Jean Legras**, présentée par M. Joseph Pérès.

La méthode de Lighthill et l'emploi systématique de la « première approximation modifiée » permettent le calcul d'une première approximation valable partout et, en particulier, la détermination des ondes de choc, aussi bien près que loin de l'obstacle.

1. Le potentiel d'un écoulement plan supersonique dépend d'une équation dont l'étude stricte est difficile; une méthode classique est la linéarisation,

---

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 176.

(*) Séance du 15 octobre 1951.

simplification qui n'est justifiée qu'au voisinage de l'obstacle et qui perd son sens loin de ce dernier.

La méthode récente de MM. Lighthill et Whitham ([1]) permet une étude « en première approximation » de l'écoulement loin de l'obstacle. Elle consiste essentiellement en une représentation paramétrique où les composantes de la vitesse et les variables sont représentées en fonction de variables auxiliaires par des développements en série, limités en fait aux premiers termes. Cette représentation permet l'étude loin de l'obstacle, mais ne permet pas d'écrire les conditions aux limites sur l'obstacle. Il faut alors introduire la notion de « première approximation modifiée », notion latente dans les travaux de Lighthill et de Whitham, et que nous developperons systématiquement : elle consiste à choisir la représentation paramétrique précédente de façon que les formules obtenues soient valables aussi bien près que loin de l'obstacle.

2. Prenons Ox parallèle à la vitesse de l'écoulement à l'infini (vitesse que nous supposons égale à 1) et introduisons les axes auxiliaires Ox' et Oy' parallèles respectivement aux lignes de Mach. Les composantes u et v de la vitesse de perturbation sont solutions du système

$$(1) \qquad u'_{y'} = v'_{x'} \qquad E u'_{x'} - 2F u'_{y'} + G v'_{y'} = 0;$$

E, F et G sont des expressions connues des fonctions inconnues u et v. Introduisons une variable auxiliaire ξ et cherchons une solution de la forme

$$(2) \qquad \begin{cases} u = a(\xi) + \dfrac{c(\xi)}{\eta} + \ldots, & v = b(\xi) + \dfrac{d(\xi)}{\eta} + \ldots, \\ x - \beta y = x' = \xi + \eta f(\xi) + o\left(\dfrac{1}{\eta}\right), & x + \beta y = y' = \eta. \end{cases}$$

En portant ces expressions dans le système (1) et en identifiant à zéro les coefficients des puissances successives de $1/\eta$, il est facile de vérifier que les trois fonctions inconnues a, b et f sont liées par deux conditions que nous écrirons

$$(3) \qquad A(a, b, f) = 0, \qquad B(a, b, f) = 0.$$

Ces relations ne sont guère maniables et nous nous contenterons de résoudre le système (3) lorsque la vitesse de perturbation est petite; d'une façon plus précise nous considérons a, b et f comme des infiniment petits du premier ordre et nous négligerons tous les termes d'ordre supérieur à un. Un calcul élémentaire montre alors que

$$b(\xi) = -\beta a(\xi), \qquad f = F a(\xi), \qquad \text{où} \quad F = (\gamma + 1)\frac{M^4 \beta^{-2}}{4}.$$

([1]) M. J. Lighthill, *Philosophical Magazine*, 7e série, **11**, 1949, p. 1202; G. B. Whitham, *Proceedings of the Royal Society*, **201**, 1950.

3. Ne gardons des formules (2) que le système

$$(4)\qquad \begin{cases} u = a(\xi), & v = -\beta a(\xi), \\ x - \beta y = \xi + \eta F a(\xi), & x + \beta y = \eta, \end{cases}$$

obtenu en négligeant soit des termes qui tendent vers o avec $1/\eta$, soit des termes d'ordre supérieur ou égal à deux. Nous pouvons donc regarder les formules (4) comme définissant une « première approximation » valable à l'infini.

Lorsque η est fini, la solution définie par les équations (4) ne diffère de la solution linéarisée $u = a(x')$, $v = -\beta a(x')$ que par des termes en $\eta F a a'$, infiniment petits du second ordre tant que η reste fini. La solutiou définie sous forme paramétrique par les expressions (4) est donc une première approximation valable aussi bien pour η fini que pour η infini : c'est la première approximation modifiée, valable partout. Elle permet d'écrire les conditions aux limites sur l'obstacle, ce qui détermine la fonction $a(\xi)$, puis d'étudier l'écoulement dans tout le plan.

4. Comme application étudions les ondes de choc dans un écoulement autour d'un profil, défini par la loi de pentes $g(x)$ (nous ne nous occupons que de la région $y > 0$). On a alors $a(\xi) = -\beta^{-1} g(\xi)$. Nous déterminons l'onde de choc en écrivant les deux conditions de Hugoniot-Rankine; la première est automatiquement satisfaite, il reste à écrire la seconde $\Delta q_n = [2/(\gamma + 1)](a^2/q_n - q_n)$. Soit α l'angle polaire de la tangente à l'onde de choc, cette condition devient en négligeant les infiniment petits du second ordre, $\beta \operatorname{tg} \alpha = 1 - F\alpha(\xi)$, ce qui définit l'onde de choc par le système différentiel

$$\frac{dx'}{dy'} = \frac{1}{2} F a(\xi), \qquad x' = \xi + F\eta a(\xi), \qquad y' = \eta.$$

Lorsque y' est grand, nous pouvons prendre $x' = \eta F a(\xi)$, $y' = \eta$ et l'équation différentielle s'intègre en $x' = C\sqrt{y'}$; loin du profil les ondes de choc ont l'allure de paraboles admettant les lignes de Mach comme diamètres conjugués.

Il est facile d'obtenir une représentation paramétrique des ondes de choc, définies par

$$x - \beta y = x' = \xi - 2\frac{\int g_1(\xi)\, d\xi}{g_1(\xi)}, \qquad x + \beta y = y' = -\frac{2}{F}\frac{\int g_1(\xi)\, d\xi}{g_1^2(\xi)}.$$

On obtient des formules analogues pour le choc arrière.

Dans le cas d'un profil parabolique $[g(x) = e(x^2 - 1)]$ les ondes de choc avant et arrière font partie d'une famille de paraboles homothétiques d'équations

$$x' = C'\sqrt{y' - K}, \qquad \text{où} \qquad K = -\frac{4\beta^3}{e(\gamma + 1)M^4}.$$

Elles admettent les lignes de Mach comme diamètres conjugués. Les carac-

téristiques, où u et v sont constantes, sont les lignes $\xi = \text{const}$. C'est un faisceau linéaire de droites ayant son sommet au centre d'homothétie des paraboles ($x' = 0$; $y' = K$).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Solutions générales des équations de l'électrostatique et de la magnétostatique.* Note de M. **Émile Durand**, présentée par M. Louis de Broglie.

Ces solutions se déduisent immédiatement d'une identité qui est l'analogue pour les vecteurs, de l'identité scalaire de Green. Stratton ([1]) a donné une telle identité mais sous une forme qui nous paraît insuffisante car elle exige encore de laborieux calculs quand on veut l'appliquer au vecteur potentiel $\vec{A}$ et aux vecteurs de champ $\vec{E}$ et $\vec{H}$. Il nous paraît préférable de donner une identité plus développée en dehors de toute considération électrique ou magnétique. Pour cela nous partirons de l'identité

$$(1)\qquad \overrightarrow{\text{grad}}\left(\vec{A}.\overrightarrow{\text{grad}}\,a\right) = \left(\vec{A}.\overrightarrow{\text{grad}}\right).\overrightarrow{\text{grad}}\,a + \left(\overrightarrow{\text{grad}}\,a.\overrightarrow{\text{grad}}\right).\vec{A} + \left[\overrightarrow{\text{grad}}\,a \times \text{rot}\vec{A}\right],$$

où a est un scalaire de la forme $a = f(x_u - x'_u)$ avec $u = 1, 2, 3$ et $\vec{A}$ un vecteur quelconque fonction des coordonnées x_u. Dans (1) les gradients sont pris par rapport aux coordonnées x_u. En intégrant (1) dans un volume v limité par une surface fermée S il vient

$$(2)\qquad \int_S \vec{n}.\left(\vec{A}.\overrightarrow{\text{grad}}\,a\right) ds = \int_v \Big\{ \left(\vec{A}.\overrightarrow{\text{grad}}\right).\overrightarrow{\text{grad}}\,a + \left(\overrightarrow{\text{grad}}\,a.\overrightarrow{\text{grad}}\right).\vec{A} + \left[\overrightarrow{\text{grad}}\,a \times \text{rot}\vec{A}\right] \Big\}\, dv,$$

$\vec{n}$ désignant le vecteur unitaire de la normale extérieure à la surface S.

Examinons le premier terme de l'intégrale de volume. En désignant par des opérateurs primés les dérivations par rapport aux variables x'_u, en notant que l'on a $\partial_u a = -\partial'_u a$ et que le vecteur $\vec{A}$ ne dépend pas des coordonnées x'_u, mais seulement des coordonnées x_u, on peut écrire successivement

$$(3)\qquad \begin{aligned} \int_v \left(\vec{A}.\overrightarrow{\text{grad}}\right).\overrightarrow{\text{grad}}\,a\, dv &= -\overrightarrow{\text{grad}'}\int_v \left(\vec{A}.\overrightarrow{\text{grad}}\,a\right) dv \\ &= -\text{grad}'\int_v \Big\{ \text{div}\left(a\vec{A}\right) - a\,\text{div}\vec{A} \Big\}\, dv \\ &= \int_S \left(\vec{n}.\vec{A}\right).\overrightarrow{\text{grad}}\,a\, dS - \int_v \overrightarrow{\text{grad}}\,a.\text{div}\vec{A}\, dv. \end{aligned}$$

([1]) *Electromagnetic Theory*, p. 250 (Mc Graw-Hill, 1941).

Transformons par un calcul analogue le deuxième terme de l'intégrale de volume; on trouve

(4) $$\int_v \left(\overrightarrow{\text{grad}}\, a . \overrightarrow{\text{grad}}\right) . \vec{A}\, dv = \int_S \vec{A} . \left(\vec{n} . \overrightarrow{\text{grad}}\, a\right) ds - \int_v \vec{A}\, \Delta a\, dv.$$

En portant les expressions (3) et (4) dans (2) on obtient

$$-\int_S \left\{ \left(\vec{n}.\vec{A}\right).\overrightarrow{\text{grad}}\, a + \left[\left[\vec{n} \times \vec{A}\right] \times \overrightarrow{\text{grad}}\, a \right] \right\} dS$$
$$= \int_v \left\{ \left[\overrightarrow{\text{grad}}\; a \times \text{rot}\vec{A}\right] - \overrightarrow{\text{grad}}\, a . \text{div}\vec{A} - \vec{A}\, \Delta a \right\} dv.$$

Si l'on choisit pour a la fonction

$$a = r^{-1} = \left[(x_1 - x'_1)^2 + (x_2 - x'_2)^2 + (x_3 - x'_3)^2\right]^{-\frac{1}{2}},$$

on sait que l'on a

$$\int_v \vec{A}(x_1 x_2 x_3)\, \Delta\left(\frac{1}{r}\right) dv = -4\pi \vec{A}(x'_1 x'_2 x'_3) \text{ ou zéro.}$$

suivant que le point $P(x'_1 x'_2 x'_3)$ est à l'intérieur ou à l'extérieur de la surface S. D'où

(5) $$4\pi\vec{A}(x'_1 x'_2 x'_3) \text{ ou zéro} \equiv \int_v \left\{ \left[\text{rot}\vec{A} \times \overrightarrow{\text{grad}}\left(\frac{1}{r}\right)\right] + \overrightarrow{\text{grad}}\left(\frac{1}{r}\right).\text{div}\vec{A} \right\} dv$$
$$- \int_S \left\{ \left(\vec{n}.\vec{A}\right).\overrightarrow{\text{grad}}\left(\frac{1}{r}\right) + \left[\left[\vec{n} \times \vec{A}\right] \times \overrightarrow{\text{grad}}\left(\frac{1}{r}\right)\right] \right\} dS.$$

C'est l'identité cherchée. Elle peut se mettre sous une autre forme qui est parfois commode en utilisant l'identité

$$\text{rot}\left(a\, \text{rot}\, \vec{A}\right) = a\, \text{rot}\, \text{rot}\, \vec{A} - \left[\text{rot}\, \vec{A} \times \overrightarrow{\text{grad}}\, a\right].$$

On obtient alors

(6) $$4\pi\, \vec{A}(x'_1 x'_2 x'_3) \text{ ou zéro}$$
$$\equiv \int_v \left\{ \frac{1}{r} \text{rot}\, \text{rot}\, \vec{A} + \overrightarrow{\text{grad}}\left(\frac{1}{r}\right) \text{div}\, \vec{A} \right\}$$
$$- \int_S \left\{ \left[\vec{n} \times \text{rot}\vec{A}\right]\frac{1}{r} + \left(\vec{n}.\vec{A}\right).\overrightarrow{\text{grad}}\left(\frac{1}{r}\right) + \left[\left[\vec{n} \times \vec{A}\right] \times \overrightarrow{\text{grad}}\,\frac{1}{r}\right] \right\} dS.$$

Passons maintenant aux applications des identités (5) et (6) en électrostatique ou en magnétostatique. En électrostatique on a le vecteur $\vec{E}$ qui, dans les milieux où ε est constant, obéit aux équations $\text{div}\,\vec{E} = \rho/\varepsilon$ et $\text{rot}\,\vec{E} = 0$. En portant ces expressions dans (5), on obtient l'expression bien connue

(7) $$\vec{E}(x'_1 x'_2 x'_3) = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \int_v \rho\, \overrightarrow{\text{grad}}\left(\frac{1}{r}\right) dv$$
$$- \frac{1}{4\pi} \int_s \left\{ \left(\vec{n}.\vec{E}\right).\overrightarrow{\text{grad}}\,\frac{1}{r} + \left[\left[\vec{n} \times \vec{E}\right] \times \overrightarrow{\text{grad}}\left(\frac{1}{r}\right)\right] \right\} ds.$$

En magnétostatique on a le vecteur $\vec{H}$ qui obéit aux équations $\operatorname{rot}\vec{H} = \vec{i}$ et $\operatorname{div} H = 0$ quand la perméabilité μ est constante. En portant ces expressions dans (5), il vient aussitôt

$$\vec{H}(x'_1 x'_2 x'_3) = \frac{1}{4\pi}\int_v \left[\vec{i} \times \overrightarrow{\operatorname{grad}}\left(\frac{1}{r}\right)\right] dv - \frac{1}{4\pi}\int_s \left\{ \left(\vec{n}.\vec{H}\right).\overrightarrow{\operatorname{grad}}\frac{1}{r} + \left[\left[\vec{n} \times \vec{H}\right] \times \overrightarrow{\operatorname{grad}}\left(\frac{1}{r}\right)\right]\right\} ds. \tag{8}$$

Considérons enfin le potentiel-vecteur $\vec{A}$ qui obéit à

$$\operatorname{rot}\operatorname{rot}\vec{A} = \mu.\vec{i}, \qquad \operatorname{div}\vec{A} = 0.$$

En portant dans (6), on a tout de suite

$$\vec{A}(x'_1 x'_2 x'_3) = \frac{\mu}{4\pi}\int_v \frac{\vec{i}}{r} dv - \frac{1}{4\pi}\int_s \left[\vec{n} \times \operatorname{rot}\vec{A}\right]\frac{ds}{r} - \frac{1}{4\pi}\int_s \left\{ \left(\vec{n}.\vec{A}\right).\overrightarrow{\operatorname{grad}}\frac{1}{r} + \left[\left[\vec{n} \times \vec{A}\right] \times \overrightarrow{\operatorname{grad}}\left(\frac{1}{r}\right)\right]\right\} ds. \tag{9}$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Introduction géométrique de l'onde pilote en théorie unitaire affine.* Note de M. **Jean-Pierre Vigier**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'assimilation des particules ponctuelles à des singularités de l'espace-temps et de leurs champs à des perturbations de sa métrique conduit à rendre compte simplement du double aspect de la fonction d'onde dans la théorie de l'onde pilote.

Dans une Note récente (1) à propos d'un travail inédit de M. David Bohm, M. Louis de Broglie a rappelé quelques-unes des principales objections qu'on peut opposer à la théorie dite de l'« onde pilote ». Il est peut-être intéressant de signaler qu'il est possible de déduire des théorie unitaires une réinterprétation de cette théorie qui paraît de nature à échapper à la plupart de ces objections.

Dans une précédente Note (2) nous avons indiqué que les champs des particules élémentaires de spin 0 et 1/2 étant assimilés à des déformations infinitésimales élémentaires de la métrique euclidienne de l'espace temps, il était possible de les représenter par des fonctions complexes qui obéissent aux équations relativistes habituelles de la Mécaniques quantique, pourvu que l'on se borne aux premiers termes du développement de la fonction d'action :

$$\mathcal{L} = 2\lambda\sqrt{-\operatorname{dét}(g_{\mu\nu} + f_{\mu\nu})}.$$

---

(1) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 641.
(2) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1187.

Ces déformations élémentaires peuvent, à l'approximation de $1/c^2$, être comparées à des fluides fictifs en posant comme Einstein, avec les notations habituelles :

$$\rho v_\mu v_\nu = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu}(R - 2\lambda).$$

On sait alors que les molécules fictives de ces fluides sont astreintes à suivre les géodésiques induites par ces déformations; géodésiques qui coïncident avec les lignes de courant.

Assimilons alors une particule à une déformation finie, présentant une singularité localisée dans l'espace, qui obéit naturellement aux équations complètes que l'on tire de $\mathcal{L}$, mais se confond à courte distance avec une des déformations précitées (qui constitue le champ de la particule considérée).

Comment cette singularité va-t-elle se propager si l'on suppose qu'elle se conserve au cours du temps?

Il n'est pas nécessaire de résoudre les équations complètes pour répondre.

Admettant qu'une molécule de ces fluides fictifs reste toujours extérieure à la particule on voit sans peine que cette dernière doit rester contenue à l'intérieur d'un tube d'univers sensiblement axé sur une ligne de courant. Négligeant alors ses dimensions on peut dire que la particule suit une géodésique de son propre champ, ou, ce qui revient au même, une ligne de courant du fluide fictif correspondant.

Ceci généralise au domaine microscopique le principe fondamental de la mécanique de la relativité générale. En ce sens, si l'on admet la définition précédente de la nature de la matière, on voit que l'« onde pilote » prolonge naturellement les conceptions d'Einstein.

Le calcul de ces géodésiques s'effectue alors simplement, au moins à l'approximation newtonienne. Elles sont données par le mouvement de particules de vitesse $v = \hbar/2m \operatorname{grad}\theta$, où θ est la phase d'une fonction d'onde complexe $\varphi = ae^{i\theta}$ obéissant à l'équation de Schrödinger, c'est-à-dire de particules qui se comportent classiquement sous l'influence d'un potentiel quantique $\Delta a/a$ comme celles qu'ont envisagées MM. de Broglie et Bohm. Mais ici l'onde correspond à un phénomène matériel (déformation de l'espace-temps) et non à une probabilité. La position initiale de la particule dans le champ détermine entièrement son mouvement ultérieur.

Passons maintenant au point de vue statistique. Considérons un ensemble de particules sans interaction, toutes pilotées par le même champ φ. La particule qui se trouve en un point au temps t a pour vitesse la valeur de $\hbar/2m \operatorname{grad}\theta(t)$ en ce point. La densité de répartition des particules dans l'espace suit l'équation de continuité. Or la quantité a^2 suit la même équation de continuité en vertu de l'équation de Schrödinger sur φ. Il en résulte que la coïncidence en un temps quelconque de a^2 et de la densité de probabilité suffit

à assurer leur coïncidence ultérieure et partant à justifier l'interprétation statistique de la fonction d'onde qu'on trouve dans la théorie de l'onde pilote.

On pourrait alors montrer à l'aide de considérations sur la préparation, nécessairement ergodique, des particules à l'aide de dispositifs macroscopiques, que la distribution initiale la plus probable correspondant au champ φ est précisément a^2.

Dans cette interprétation on considère donc deux ondes égales, dont l'une φ correspond à un phénomène réel, champ des particules, et l'autre ψ décrit l'évolution d'un ensemble statistique dépendant du champ précédent.

Une mesure de localisation, qui modifie ψ, détruit seulement l'ensemble statistique et ne touche pas au potentiel quantique. Le mouvement d'un corpuscule n'est plus « déterminé par l'ensemble de ses mouvements non réalisés », ce qui élimine à notre avis ce que M. de Broglie considère comme l'objection « la plus forte contre la théorie de l'onde-pilote ».

Remarque sur la Note précédente de M. VIGIER,
par M. **LOUIS DE BROGLIE**.

La théorie de l'onde-pilote que j'avais développée en 1926-1927, s'était d'abord présentée à moi sous la forme de « l'hypothèse de la double solution ». J'admettais que l'équation d'ondes de la Mécanique ondulatoire possédait deux sortes de solutions : des solutions comportant une singularité (corpuscule) dont le mouvement était bien déterminé et des solutions continues qui étaient les fonctions d'onde Ψ habituellement envisagées. J'établissais ensuite une relation entre le mouvement des singularités et la phase de l'onde Ψ associée telle que celle-ci se trouvait représenter statistiquement le mouvement d'un ensemble de singularités. J'avais exposé en détail ce point de vue dans un article du *Journal de Physique* (3), mais, ne parvenant pas à donner à mes idées une forme mathématique rigoureuse, je m'étais ensuite rabattu sous une forme moins hardie de la théorie de l'onde-pilote dans laquelle je considérais l'existence des corpuscules comme donnée à priori (sans plus parler de solutions à singularité) et je me contentais de déterminer le mouvement du corpuscule en fonction de la phase de la fonction Ψ associée par la relation précédemment obtenue. C'est cette forme de la théorie de l'onde-pilote que j'ai exposée au Conseil de Physique Solvay de 1927 et qui a été reprise récemment par M. Bohm : elle soulève les difficultés signalées dans ma Note récente citée plus haut par M. Vigier.

M. Vigier, guidé par ses récents travaux sur la Relativité généralisée et les théories unitaires reprend aujourd'hui la théorie de l'onde-pilote sous la forme de la double solution et pense que, sous cette forme, elle peut échapper

(3) *J. Phys.*, **8**, 1927, p. 225.

aux objections que j'ai rappelées. En y réfléchissant, il me paraît certain que, si l'on parvenait à justifier la théorie de l'onde-pilote, ce ne pourrait être que sous sa forme primitive de la double solution de la manière indiquée par M. Vigier à la fin de sa Note. Mais la tentative de M. Vigier se heurtera certainement à beaucoup de difficultés et d'objections.

ÉLECTRICITÉ. — *Contribution à l'étude de l'émission d'ions positifs par les sels triples du type* Li_2O, Al_2O_3, $4SiO_2$. Note (*) de M. **Georges Couchet**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Préparation d'un spodumène synthétique qui donne une forte émission d'ions positifs dès 1100° C et résultats préliminaires concernant la variation de l'émission ionique en fonction de la tension et de la température.

L'émission d'ions positifs alcalins par effet thermionique de silicates alumino-alcalins a été signalée depuis longtemps et Richardson ([1]) a montré qu'un support métallique recouvert d'une telle substance émettait des ions positifs alcalins lorsque la température était assez élevée. Les silicates naturels tels que le spodumène sont souvent utilisés comme source d'ions en spectrographie de masse, mais à la suite des travaux de Jones et Hendricks ([2]), ([3]) et de Blewett et Jones ([4]), on préfère utiliser les cristaux synthétiques qui fournissent une émission plus régulière. Ces derniers auteurs ont étudié sommairement le β-eucryptite correspondant à la formule Li_2O, Al_2O_3, $2SiO_2$. Le but de la présente Note est de préciser le mode de préparation et les caractéristiques d'émission en fonction de la température et de la tension du sel triple synthétique de formule Li_2O, Al_2O_3, $4SiO_2$ qui correspond au β spodumène naturel.

1. *Préparation.* — Les matières utilisées pour la préparation du sel sont les suivantes :

carbonate de lithium (Fe : 0,002 % ; autres alcalins évalués en chlorures : 0,14 %) ;

alumine anhydre (Fe : 0,002 % ; métaux alcalins évalués en sodium : 0,25 % ;

silice pure.

Les éléments précédents sont mélangés dans les proportions correspondant à la formule brute et fondus au four à induction Ribaud. Le carbonate en fusion dégage CO_2 et CO qui assurent un bon brassage du mélange en fusion.

(*) Séance du 22 octobre 1951.

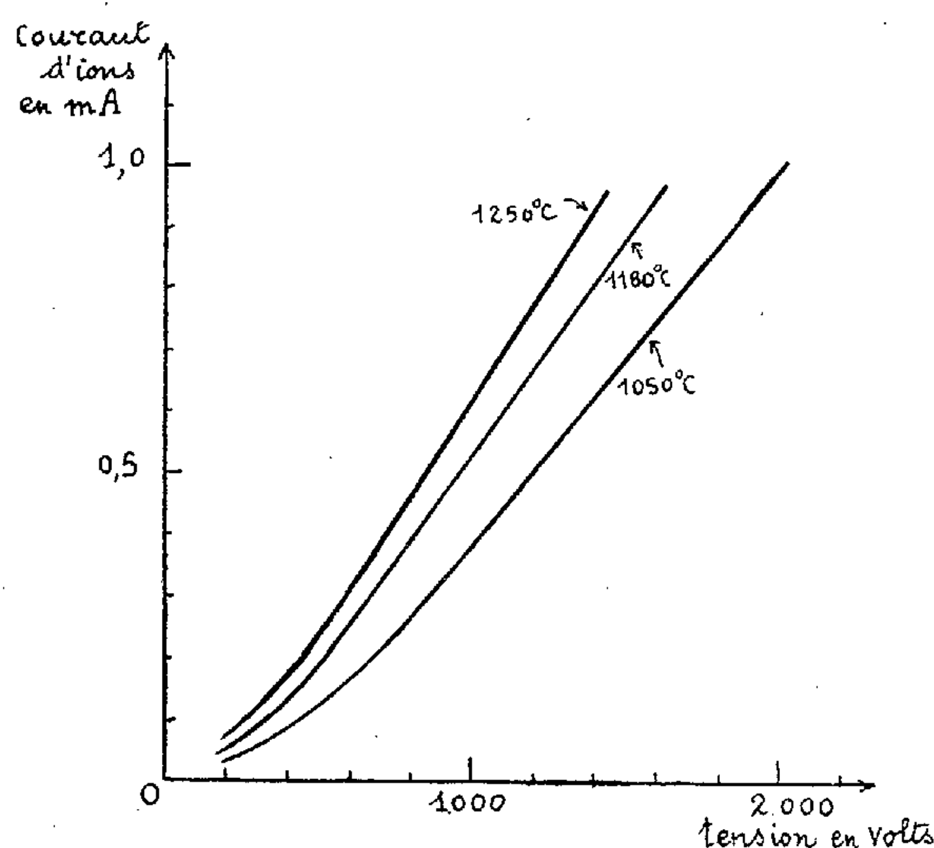
([1]) *The emission of electricity from hot bodies.*

([2]) *Phys. Rev.*, 44, n° 2, 1933, p. 322.

([3]) Jones, *Phys. Rev.*, 44, n° 2, 1933 p. 707.

([4]) *Phys. Rev.*, 50, n° 2, 1936, p. 464-468.

Ne disposant pas d'un creuset de platine convenable, j'ai utilisé des creusets en terre réfractaire, en graphite pur et en alumine frittée. Dans les trois cas les résultats ont été irréguliers et les creusets se cassaient souvent au cours de la fusion. J'ai pu toutefois obtenir dans de bonnes conditions une quantité de sel suffisante pour étudier l'émission d'ions positifs. Le produit fondu était broyé et porphyrisé pour assurer son homogénéité, en recommençant cette opération trois fois. Le produit final était passé au tamis n° 250.



2. *Dispositif expérimental.* — Pour étudier l'émission j'ai utilisé une installation à vide poussé qui sera décrite ultérieurement, et en particulier une cloche à évaporation convenablement modifiée pour cette étude. La lame métallique servant d'anode et de support à la substance active est une lame de platine de 5/100 de millimètre d'épaisseur; elle est chauffée par effet Joule et sa température peut atteindre 1350°C. Une différence de potentiel continue, fournie par une alimentation stabilisée est appliquée entre la lame et l'électrode collectrice qui sert de cathode. La pression est de l'ordre de 10^{-5} mm de mercure. Pour éviter un échauffement trop grand de la cloche, un cylindre de verre pyrex entoure l'anode et la cathode; un réflecteur est situé au-dessous de l'anode. La distance anode-cathode est de 3 cm.

3. *Dépôt du sel triple sur la lame support.* — J'ai obtenu des résultats sensiblement équivalents en utilisant différentes méthodes pour déposer le sel actif sur la lame; application au pinceau, pulvérisation et cataphorèse. Ce dernier procédé donne cependant des dépôts difficilement reproductibles. Les courbes d'émission représentées par la figure sont relatives à un dépôt obtenu par pulvérisation.

4. *Résultats concernant l'émission thermionique.* — Les courbes de la figure résument les résultats obtenus pour l'émission du sel Li_2O, Al_2O_3, $4SiO_2$

déposé sur platine. La tension appliquée entre anode et cathode a varié de 200 à 2000 V et les caractéristiques d'émission ont été tracées pour trois températures différentes de l'anode : 1050, 1180 et 1250° C repérées au pyromètre Ribaud. La détermination des températures vraies nécessiterait la connaissance du pouvoir émissif du sel utilisé comme source. Dans ces premières expériences le courant ionique se trouve limité par la charge d'espace; la variation avec la température provient d'effet de bout que nous nous proposons d'éliminer dans une prochaine série d'expériences entreprises en vue de déterminer le seuil de saturation.

MAGNÉTISME. — *Sur l'étude de la résonance ferromagnétique à l'aide du diagramme de la perméabilité complexe.* Note de M. **Bernard Pistoulet**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude de la résonance ferromagnétique a fait l'objet, au cours des dernières années, d'un grand nombre de recherches. Le but de cette Note est de montrer que la considération du diagramme de la perméabilité complexe permet de discuter la pureté du phénomène de résonance observé aux ondes centimétriques.

L'équation classique du mouvement écrite pour l'unité de volume de substance ferromagnétique soumise à un champ magnétique effectif $\vec{H}$ est d'après C. Kittel

$$\frac{d\vec{M}}{dt} = \gamma\vec{M} \wedge \vec{H} - \lambda\left[\frac{(\vec{H}\vec{M})\vec{M}}{M^2} - \vec{H}\right], \tag{1}$$

où $\vec{M}$ représente l'aimantation de la substance, γ le rapport gyromagnétique, λ la fréquence de relaxation.

Si l'on considère une sphère soumise à un champ magnétique de faible intensité $h_x e^{j\omega t}$ dirigé suivant l'axe x et à un champ magnétique constant intense H_z appliqué suivant l'axe z, la susceptibilité magnétique $\chi_x = M_x/h_x$ de la sphère est

$$\chi_x = \chi_0 \frac{\gamma^2 M_s^2 + \lambda^2 + j\omega\lambda\chi_0}{\gamma^2 M_s^2 + \lambda^2 - \omega^2\chi_0^2 + 2j\omega\lambda\chi_0}, \qquad \text{où} \quad \chi_0 = \frac{H_z}{H_z} \cong \frac{M_s}{H_z}, \tag{2}$$

M_s étant l'aimantation à saturation de la substance.

Pour étudier les variations, en fonction de χ_0, c'est-à-dire de H_z de la perméabilité $\mu = \mu_1 - j\mu_2 = 1 + 4\pi\chi_x$ posons

$$\lambda_1 = \frac{\lambda}{\sqrt{\gamma^2 M_s^2 + \lambda^2}}, \qquad K = \frac{\omega\sqrt{1-\lambda_1^2}}{4\pi\sqrt{\gamma^2 M_s^2 + \lambda^2}}$$

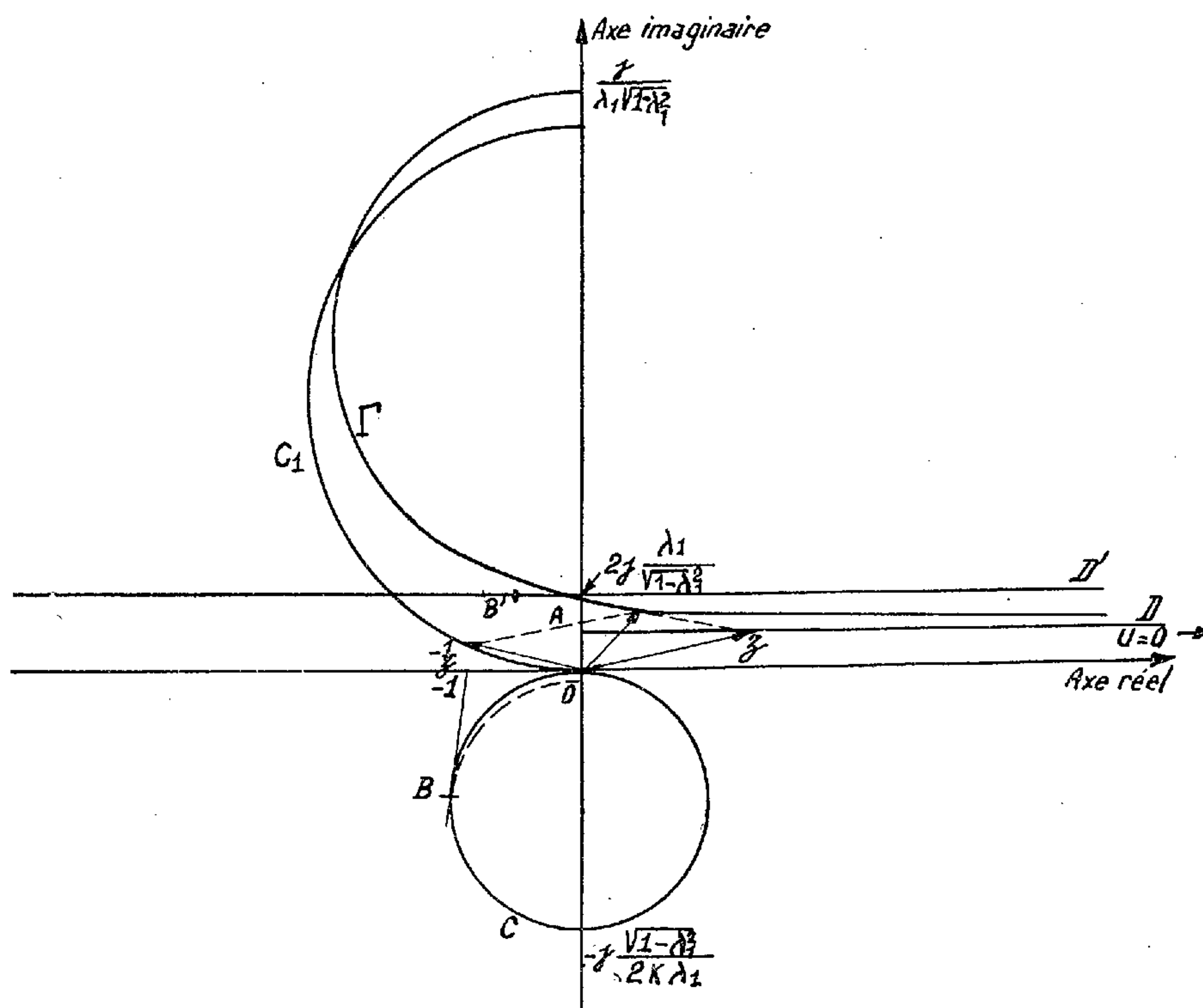
et faisons les changements de variables

$$u = \frac{\omega\chi_0}{\sqrt{\gamma^2 M_s^2 + \lambda^2}}, \qquad z = \frac{1 + j\lambda_1 u}{u\sqrt{1-\lambda_1^2}}.$$

La relation (2) donne alors

$$\frac{1}{\mu - 1} = \frac{1}{4\pi\chi_x} = \mathrm{K}\left(z - \frac{1}{z}\right). \tag{3}$$

Le point d'affixe z décrit dans le plan complexe la demi-droite AD (*figure*) parallèle à l'axe réel, et qui coupe l'axe imaginaire au point d'affixe $j(\lambda_1/\sqrt{1-\lambda_1^2})$. La transformée de AD dans une inversion de centre O et de puissance -1 est le demi-cercle C_1, et le point d'affixe $z - 1/z$ décrit la courbe Γ qui coupe l'axe imaginaire au point d'affixe $j(2\lambda_1/\sqrt{1-\lambda_1^2})$. La courbe Γ' représentant la variation de $1/(\mu - 1)$ se déduit de Γ par une homothétie de centre O et de rapport k.



Pour des valeurs de λ_1 très petites devant l'unité les courbes transformées par une inversion de centre O et de puissance 1 de Γ' et de la droite D' parallèle à l'axe réel et coupant l'axe imaginaire au point d'affixe $j(2k\lambda_1/\sqrt{1-\lambda_1^2})$ sont très voisines. Elles ont en commun l'origine et le point d'affixe $-j(\sqrt{1-\lambda_1^2}/2k\lambda_1)$; mais alors que l'inverse de D' est le cercle C, l'inverse L de Γ' n'est pas une courbe fermée, et elle coupe l'axe imaginaire en un troisième point d'affixe $-j(\lambda_1\sqrt{1-\lambda_1^2}/k)$. Ce point étant très voisin de l'origine [d'après les valeurs de λ, $\lambda_1\sqrt{1-\lambda_1^2}/k : \sqrt{1-\lambda_1^2}/2k\lambda_1 \# 3 . 10^{-3}$ pour le nickel], L et C sont sensiblement confondues, et l'on peut dire que lorsque H_z varie, l'extrémité du vecteur μ décrit le cercle C dans le plan complexe. Le point B correspondant au maximum de l'angle de perte magnétique α est l'inverse du point B'

d'abscisse — 1/2 de la droite D'. On en déduit que le maximum de α se produit pour un champ H'_z donné par la relation :

(4) $$\omega = \gamma\sqrt{H'_z(H'_z + 2\pi M_s)}.$$

Le maximum et le minimum de $\mu_R = \sqrt{\mu_1^2 + \mu_2^2} + \mu_2$ ont lieu respectivement pour des champs H''_z et H'''_z tels que

(5) $$\omega = \gamma H''_z \quad \omega = \gamma\sqrt{H'''_z(H'''_z + 4\pi M_s)}$$

de sorte que la mesure de la perméabilité complexe $\mu_1 - j\mu_2$ en fonction de H_z permet de déterminer γ, d'où le facteur de Landé g de trois manières différentes.

Des recherches dont l'ensemble sera publié par ailleurs, effectuées sur des poudres ferromagnétiques Fe, Ni, Co, Fe—Ni, nous ont permis de constater que les valeurs expérimentales de la perméabilité se plaçaient effectivement sur des cercles sauf lorsque la fréquence choisie était voisine de la fréquence d'absorption naturelle de la poudre; dans ce cas le phénomène observé s'écarte d'une résonance ferromagnétique pure et pour les valeurs inférieures de H_z les points obtenus se placent à l'intérieur du diagramme circulaire théorique. La détermination de γ au moyen des relations (4), (5), n'est correcte que dans la mesure où il s'agit d'une résonance pure, c'est-à-dire lorsque l'intensité du champ H_z intervenant dans ces relations est suffisante pour qu'on se trouve dans la partie circulaire du diagramme. Citons à titre d'exemple les résultats obtenus sur deux échantillons de cobalt pour lesquels le diagramme de μ n'est circulaire que pour $H_z = 6\,000$ Oe : les valeurs de g trouvées d'après la relation (5) sont égales à 2,28 et 2,21, alors que les valeurs correspondantes déduites de la relation (4) sont respectivement 1,90 et 1,93. On voit que ces derniers résultats sont incorrects alors que les premiers sont en bon accord avec la valeur connue (2,22) dans le cas du cobalt massif.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Un nouvel abaque pour la détermination de la constante diélectrique et de l'absorption en ondes centimétriques.* Note (*) de MM. **Serge Le Montagner** et **Jean Le Bot**, présentée par M. Jean Cabannes.

La détermination en ondes guidées de la constante diélectrique complexe nécessite la résolution graphique de l'équation $Z = z^{-1}\,\text{th}\,z$. Nous proposons un nouvel abaque différent de ceux de J. Benoît et de Roberts-Von Hippel. L'expérience nous a montré que l'abaque décrit est plus précis que celui de Von Hippel, grâce à certaines commodités de construction, et abrège les calculs nécessités par la détermination de ε' et ε'' (1), (2), (3).

Posons tout d'abord $Z = X + iY = R\,e^{i\Phi}$; $z = x + iy = \rho\,e^{i\theta}$. Notre

(*) Séance du 22 octobre 1951.

(1) J. Benoit, *J. Phys.*, 5, 1944, p. 203.

(2) J. Benoit, *Ann. Télécom.*, 4, 1949, p. 16.

(3) S. Roberts et A. von Hippel, *J. Appl. Phys.*, 17, 1946, p. 610.

méthode est intermédiaire entre celle de J. Benoît [1], [2] traçant sur le plan X, Y les courbes $y = \text{const.}$ et $y/x = \text{const.}$, et celle de Roberts-Von Hippel [3] traçant dans le plan ρ, θ en coordonnées cartésiennes, les courbes $R = \text{const.}$, $\Phi = \text{const.}$ Dans cette représentation les équations fondamentales sont :

$$R = [\text{sh}^2(2\rho\cos\theta) + \sin^2(2\rho\sin\theta)]^{1/2} : \rho[\text{ch}(2\rho\cos\theta) + \cos(2\rho\sin\theta)]$$

et

$$\Phi = \text{arc tg}\{[\cos\theta\sin(2\rho\sin\theta) - \sin\theta\,\text{sh}(2\rho\cos\theta)] : [\cos\theta\,\text{sh}(2\rho\cos\theta) + \sin\theta\sin(2\rho\sin\theta)]\}.$$

Traçant, sur le plan x, y, les courbes $R = \text{const.}$ et $T = \text{tg}\,\Phi = \text{const.}$, notre représentation s'exprime alors par

$$R = (x^2 + y^2)^{-1/2}(\text{ch}\,2x + \cos 2y)^{-1/2}(\text{ch}\,2x + \cos 2y)^{1/2}$$

et

$$T = (x\sin 2y - y\,\text{sh}\,2x) : (x\,\text{sh}\,2x + y\sin 2y),$$

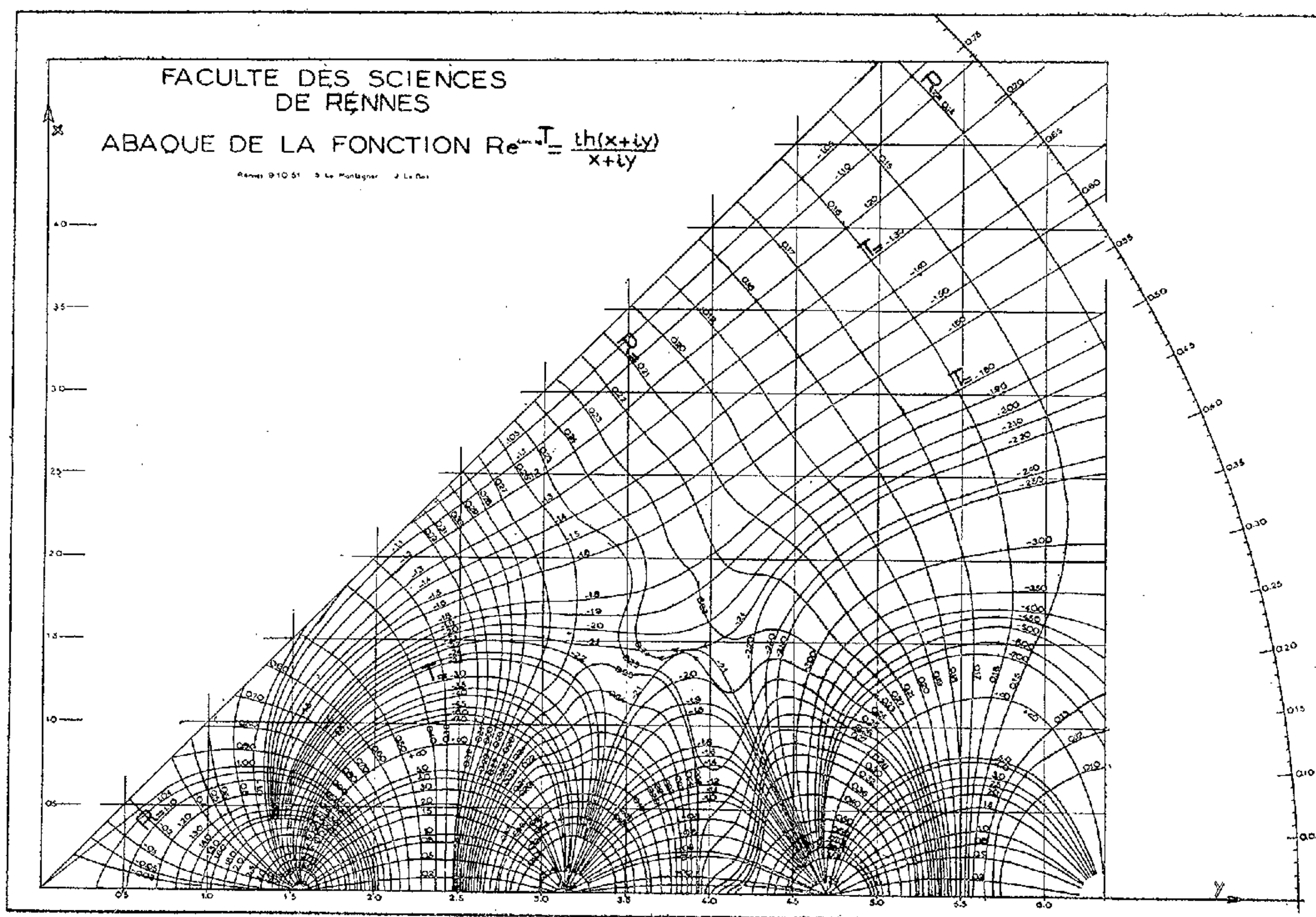
avec $y/x \geqq 1$ car $\varepsilon' \geqq 1$ et $\varepsilon'' \geqq 0$. L'intervalle de variation étudié $(0 \leqq y \leqq 2\pi)$ est suffisant pour la plupart des mesures envisagées. Le procédé de construction est le suivant : donnant à y une valeur constante p, on trace à part les courbes $R_p(x)$ et $T_p(x)$. Faisant couvrir à p l'intervalle de variation de y, il est facile de reporter ensuite sur l'abaque définitif les couples x, y correspondant à des valeurs de R et T déterminées. Le tracé se trouve précisé par suite des remarques suivantes :

1° Les courbes $R = \text{const.}$ coupent normalement l'axe Oy en des points tels que $y^{-1}\,\text{tg}\,y = R$. On a donc des points singuliers sur l'axe Oy, $R = 0$ si $y = k\pi$ et $R = \infty$ si $y = (2k+1)(\pi/2)$. Pour x élevé (pratiquement supérieur à 3) R est sensiblement égal à $(x^2 + y^2)^{-1/2}$ définissant le cercle de centre O et de rayon $1/R$; ceci devient rigoureux pour $y = (2k+1)(\pi/4)$, d'où une série de points géométriquement déterminés par l'intersection du cercle précédent avec la droite $y = (2k+1)(\pi/4)$. Les tangentes en ces points ont été également calculées.

2° Les courbes $T = \text{const.}$ partent des points singuliers de l'axe Oy déjà rencontrés, d'ordonnée $y = k(\pi/2)$. Certaines courbes se referment sur le point de branchement voisin, d'autres admettent pour asymptote les droites $y = -Tx$. Ceci se voit sur la formule générale, car pour x élevé (pratiquement supérieur à 3) T tend vers $-y/x$. On a en toute rigueur $T = -y/x$ si $y = k(\pi/2)$, d'où des points déterminés géométriquement sur une courbe T à l'intersection de $y = k(\pi/2)$ et $y = -Tx$. Les tangentes à la courbe en ces points ont été calculées. Par développement limité de T, T'_x, T'_y au voisinage des points de branchement, on peut calculer la pente de la tangente à chaque courbe T en ces points : soit $m = -(-1)^k T^{-1}$.

Un arc de cercle portant des graduations en 1/100 de radian est visible sur la droite de la figure. Une règle graduée pivotant autour de l'origine permet de repérer les coordonnées polaires ρ et θ d'un point quelconque M de

l'abaque. On sait que la constante diélectrique complexe est donnée par $\varepsilon' - \lambda^2/\lambda_c^2 = (\lambda^2/4\pi^2 e^2)(y^2 - x^2)$ et $\varepsilon'' = (\lambda^2/4\pi^2 e^2)\,2xy$ (λ longueur d'onde, λ_c longueur d'onde de coupure du guide, e épaisseur de l'échantillon). Sous cette forme, au coefficient $\lambda^2/4\pi^2 e^2$ près, on reconnaît que les premiers



membres sont respectivement les parties réelles et imaginaires de la fonction ζ^2 avec $\zeta = y + ix$. Les plans z et ζ coïncidant, à un échange des axes x et y près, le point M a donc pour affixe ζ et il est graphiquement très simple de construire M' d'affixe ζ^2 (ρ^2, 2θ) qui a pour coordonnées $y^2 - x^2$ (sur l'axe réel Oy) et $2\,xy$ (sur l'axe imaginaire Ox); d'où les valeurs de ε' et ε''.

SPECTROSCOPIE. — *Déplacement des raies d'absorption du rubidium et du potassium perturbées par l'argon, l'hélium et l'azote comprimés jusqu'à* 1 000 *atm.* Note (*) de MM. **Jean Robin** et **Stéphane Robin**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a poursuivi à des pressions plus élevées les mesures déjà effectuées ([1]), ([2]). Pour des pressions de quelques centaines d'atmosphères, les déplacements ne sont pas quadratiques en fonction de la densité relative; avec la raie 7800 Å de Rb, on note un renversement du sens de déplacement. Il apparaît des bandes « satellites » du côté des courtes longueurs d'onde des raies de résonance.

(*) Séance du 22 octobre 1951.

([1]) G. F. Hull Jr, *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 1148.

([2]) S. Y. Ch'en, *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 1051.

L'appareillage a été déjà décrit [3], [4]; pour comprimer He, on procède par réchauffements successifs de réservoirs refroidis dans N_2 liquide. La dispersion n'est que 160 Å : mm aux environs de 7 800 Å et 20 Å : mm aux environs de 4 200 Å. Comme précédemment [3], nous avons procédé à épaisseur constante (3 à 5 cm) en faisant croître la température avec la pression, l'influence perturbatrice de la première étant supposée négligeable par rapport à celle de la seconde. La figure 1 représente le déplacement

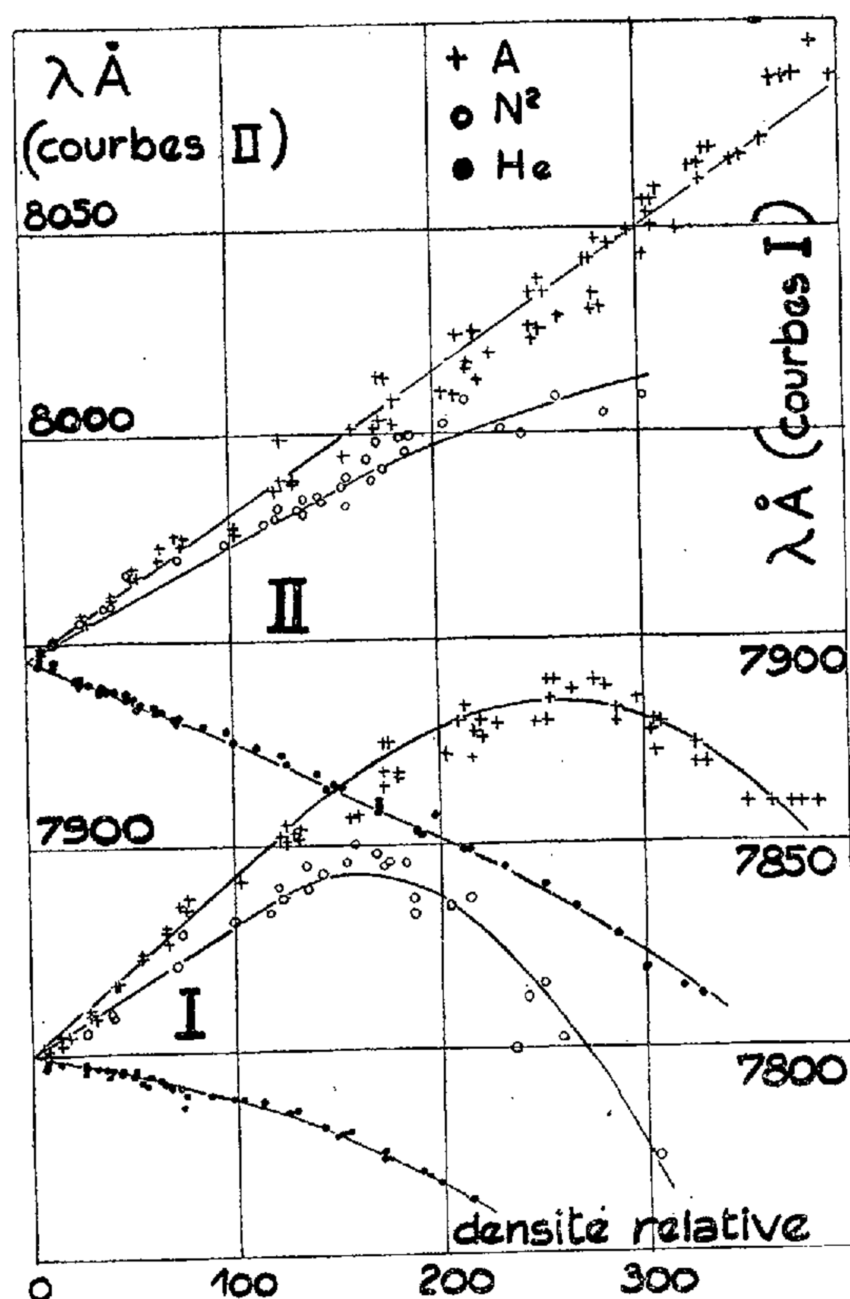


Fig. 1.

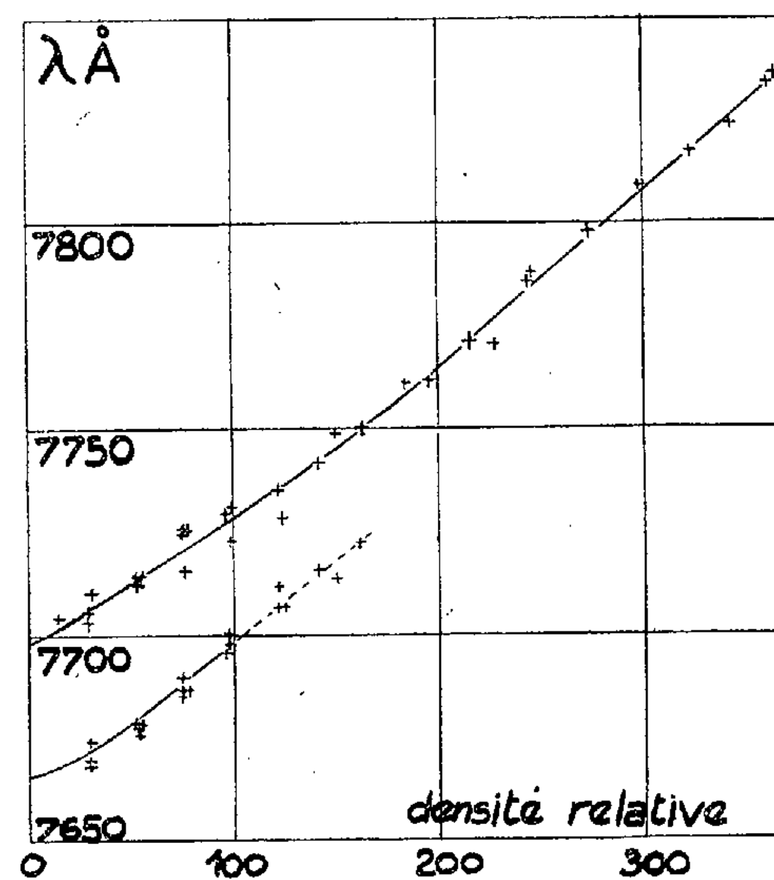


Fig. 2.

des raies de résonance de Rb, en fonction de la densité relative de A, N_2 et He comprimés et la figure 2, celui des raies de résonance de K avec A. La précision varie de ± 5 Å à ± 25 Å d'une extrémité à l'autre des courbes. par suite de l'énorme élargissement des raies dont les sommets arrondis deviennent difficiles à pointer exactement; toutefois avec He, les mesures restent plus précises. La figure 4 représente le déplacement du deuxième doublet de la série principale de Rb perturbé par A (la précision varie de ± 2 à ± 10 Å). Sur les figures 2 et 4, les deux composantes du doublet

(3) S. Robin, J. Robin et B. Vodar, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1754.
(4) S. Robin, *Thèse*, Paris, 1951.

fusionnent en une seule bande par suite de l'élargissement; pour poursuivre le tracé des courbes à des pressions plus élevées, nous avons attribué le maximum de la bande à la raie la plus intense au moment de la fusion (les parties pointillées correspondent à cette zone de fusion). Avec K et Rb, l'intensité relative des deux raies varie beaucoup avec la pression, la moins

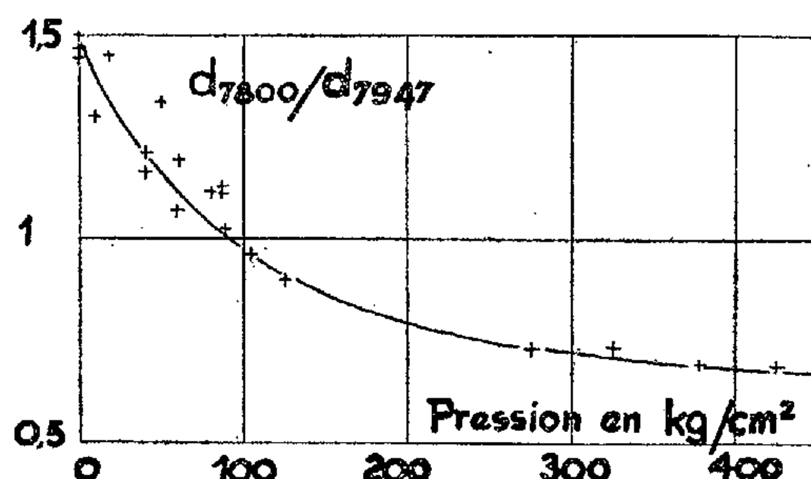


Fig. 3.

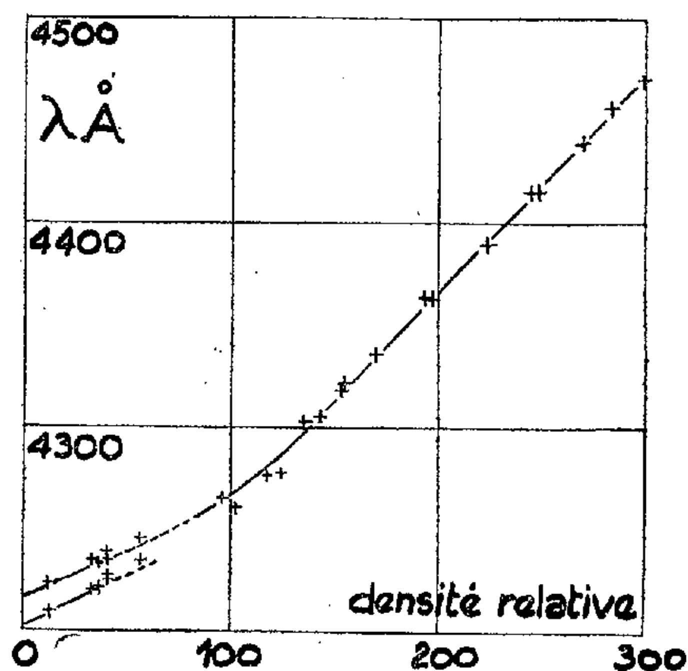


Fig. 4.

intense à basse pression devenant la plus intense. Ce phénomène est illustré figure 3 où l'on a porté, pour le système Rb-He le rapport d_{7800}/d_{7947} des densités optiques des maxima en fonction de la pression; il peut être rapproché du fait que la composante 7 800 Å, plus intense à basse pression, s'élargit plus vite que la composante 7 947 Å [2].

Des bandes analogues à celle déjà observée pour Na [5] apparaissent du côté des courtes longueurs d'onde des raies de résonance; ce sont de larges bandes dont le maximum est difficile à pointer; nous ne les avons pas étudiées systématiquement. Néanmoins, avec le système Rb-A à 215° C, cette bande se déplace vers les grandes longueurs d'onde (de 7 575 ± 10 Å à 7 630 ± 20 Å) jusque vers 120 amagats, puis revient vers le bleu (7 480 ± 30 Å à 390 amagats). Avec K-A à 300 amagats et 280° C, on en observe 2 (7 370 et 7 670 ± 30 Å), cette dernière n'étant visible qu'aux fortes densités). Avec Rb-He au delà de 100 amagats, la bande se déplace vers le bleu et se situe vers 7 250 ± 30 Å à 300 amagats et 260° C.

Il est difficile de comparer à basse pression nos résultats avec ceux de Hull et de Ch'en, étant donné la faible dispersion de notre spectrographe; ils concordent néanmoins dans la limite des erreurs. Malgré leur peu de précision, nos résultats confirment les conclusions précédentes [3], [4] relatives à l'insuffisance des théories actuelles pour représenter la pertur-

---

[5] Par exemple avec A de 150 à 250°C pour les raies de résonance de Rb et de 200 à 300°C pour celles de K, la pression passant de 1 à 1 100 kg.: cm².

bation des raies spectrales à des pressions de quelques centaines d'atmosphères. D'autre part, le renversement du sens du déplacement de la raie 7 800 Å de Rb et l'accélération des déplacements vers le bleu des raies de résonance de Rb perturbées par He (*fig.* 1) confirment les conclusions de la discussion faite par l'un de nous [4].

EFFET RAMAN. — *Spectre de vibrations de l'acide oxalique en solution.* Note de M. **R. Marignan** et Mlle **L. Bardet**, présentée par M. Jean Cabannes.

I. Afin d'étudier le spectre de vibrations de l'acide oxalique dihydraté cristallisé, et en absence de tout renseignement sur la symétrie propre du groupement oxalique à l'état libre, nous avons été amenés à déterminer le spectre Raman de l'acide oxalique en solution.

Les recherches antérieures de Rào [1], Hibben [2], Angus et Leckie [3], Gupta [4], Edsall [5], avaient abouti simplement à la détermination des fréquences Raman (valeurs moyennes : 468, 847, 1381, 1468, 1646, 1747 cm^{-1}).

L'absence de toute mesure de dépolarisation ne permettait pas de connaître la symétrie du groupement oxalique en solution. On peut simplement admettre, étant donné le petit nombre de raies Raman signalé et en accord avec les résultats obtenus sur l'acide cristallisé par la spectroscopie X, Raman et infrarouge, la présence d'un centre de symétrie.

Quatre possibilités peuvent alors être envisagées :

1° Symétrie D_{2h} : molécule plane, liaisons CO identiques;

2° Symétrie C_{2h} : liaisons CO identiques mais molécule non plane (« en chaise »);

3° Symétrie C_{2h} : liaisons CO non identiques en position trans, molécule plane;

4° Symétrie C_i : liaisons CO non identiques en position trans, molécule non plane (« en chaise »).

II. Pour choisir parmi ces quatre structures possibles, nous avons déterminé le spectre de vibration de l'acide oxalique en solution saturée et mesuré les facteurs de dépolarisation des raies Raman.

Nos résultats sont les suivants :

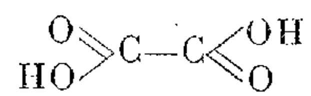
Fréquences en cm^{-1}	449	575	724	850	1469	1647	1761
Facteurs de dépolarisation	0,7	–	0,6	0,24	0,5	0,6	0,6
Intensités relatives	F	*ff*	*f*	FF	F(*b*)	*f*(*b*)	F

(1) Rao, *Z. Physik*, **94**, 1935, p. 536.
(2) J. H. Hibben, *J. Chem. Physics*, **3**, 1935, p. 675.
(3) W. R. Angus et A. R. Leckie, *J. Chem. Physics*, **4**, 1936, p. 83.
(4) J. Gupta, *Indian J. Physics*, **10**, 1936, p. 199 et 465.
(5) J. T. Edsall, *J. Chem. Physics*, **5**, 1937, p. 508.

La fréquence 1647 (bande large polarisée) est probablement due à la vibration symétrique de déformation des molécules d'eau. La comparaison de nos résultats avec ceux que nous avons obtenus d'autre part sur un mono-cristal d'acide oxalique, nous conduit à admettre que les quatre fréquences 449, 850, 1469 et 1761 cm^{-1} sont dues à des vibrations fondamentales de la molécule d'acide oxalique, ainsi d'ailleurs, mais d'une manière moins formelle, que la fréquence 724 cm^{-1}. Ces cinq vibrations fondamentales donnent naissance à des raies Raman polarisées.

III. La présence d'une forte raie Raman polarisée à 1761 cm^{-1}, caractéristique de la double liaison $C = O$, permet de rejeter la première et la deuxième hypothèse envisageant l'égalité des liaisons CO.

Une certaine incertitude peut persister dans le choix entre la troisième et la quatrième hypothèse, qui conduisent à prévoir respectivement cinq raies polarisées + une raie dépolarisée et six raies polarisées. Il est en effet possible qu'une autre fréquence fondamentale (vers 300 cm^{-1}) n'ait pas été mise en évidence dans le spectre Raman de la solution; elle aurait dû donner précisément naissance à une raie dépolarisée dans le cas de l'hypothèse C_{2h} et polarisée pour la symétrie C_i. En accord avec les spectres de diffraction il paraît cependant logique d'admettre que la molécule oxalique est pratiquement plane; d'après nos recherches elle posséderait alors la forme plane suivante :



Ce résultat est à rapprocher de celui trouvé par Ziomek, Cleveland, Meister pour le chlorure d'oxalyle ([6]). Il ne faut pas rejeter formellement la possibilité pour le groupement oxalique *en solution* de perdre sa coplanéité. D'autres recherches nous ont permis de constater que cet abaissement de symétrie se produit effectivement pour l'acide dihydraté à *l'état cristallisé*.

LUMINESCENCE. — *Sur un écran à l'iodure de cadmium fluorescent sous l'influence des rayonnements visible et ultraviolet, des rayons cathodiques, des rayons α et des rayons* X. Note de M. **Sreten Schlivitch**, présentée par M. Jean Cabannes.

Préparation et propriétés d'un nouvel écran très lumineux.

En pulvérisant dans un mortier un mélange de nitrate de plomb et d'iodure de cadmium, l'on obtient un corps à l'apparence de l'iodure de plomb, jaune à la lumière du jour, mais qui montre une assez forte fluo-

([6]) J. S. Ziomek, F. Cleveland et G. Meister, *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, n° 7, p. 669.

rescence à la lampe en quartz. Cette fluorescence devient beaucoup plus intense si l'on mélange des solutions des deux corps et que l'on évapore ensuite sur une plaque de verre. La fluorescence est comparable en intensité à celle des sels d'uranyle. Le spectre est compris entre 6 500 et 4 700 Å environ; il est excité par l'ultraviolet traversant un verre de Wood ainsi que par le spectre visible, au-dessous de 4 300 Å.

Les rayons X provoquent une forte fluorescence blanchâtre sur la plaque de verre recouverte des cristaux obtenus par évaporation du mélange indiqué plus haut. Pour les écrans à rayons X, la solution ne doit pas être nécessairement faite dans l'eau; on peut lui substituer l'acétone. Cette solution s'évapore très vite et le dépôt adhère bien au verre. Les rayons X de pénétration moyenne, par exemple ceux que l'on emploie en radioscopie, produisent une fluorescence très visible dont l'intensité croît jusqu'à une certaine limite avec la dureté des rayons. Les ombres sont très nettes et, le spectre s'étendant dans le bleu, ces écrans pourraient être employés comme écrans de renforcement. Il faut éviter la formation de gros cristaux qui rendent les images floues.

Une ampoule contenant du polonium provoque une vive fluorescence de l'écran.

Enfin, dans un tube à rayons cathodiques à filament chauffé, l'écran commence à luire pour des tensions supérieures à 600 V dans mes expériences. Le spectre occupe notamment la région de grande sensibilité de l'œil.

La fluorescence de ces écrans, qu'ils soient préparés en solution aqueuse ou acétonique, est influencée par la température. L'acétone permet d'obtenir des écrans bien plus sensibles que ceux que l'on prépare en solution aqueuse. L'intensité de la fluorescence des écrans à l'acétone commence à diminuer dès qu'on élève la température de ceux-ci d'une dizaine de degrés.

Il faut éviter de verser la solution sur une surface poreuse, par exemple sur du papier filtre. Dans ce cas, l'iodure de cadmium qui doit être en excès passe à travers le filtre et il reste sur le papier de l'iodure de plomb peu soluble qui n'est pas fluorescent. Par contre, le liquide qui passe, contenant beaucoup d'iodure de cadmium et une faible quantité d'iodure de plomb, une fois évaporé, donne des cristaux blancs montrant une belle fluorescence jaune.

La proportion des deux sels que l'on mélange peut varier dans de très larges limites, par exemple de 0,1 à 0,001; la quantité de nitrate de plomb peut être minime et bien inférieure à ce chiffre.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherche du spectre* β *du* RaD *par la méthode des coïncidences*. Note (*) de MM. **Paul Falk-Vairant, Jean Teillac** et **Charles Victor**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les coïncidences observées peuvent s'expliquer par les électrons de conversion et les électrons Auger.

Le nombre d'électrons pour 100 désintégrations de RaD a été trouvé égal à 110 ± 10 se décomposant en 74 électrons de conversion et 40 électrons Auger.

Le spectre continu β a une énergie inférieure à 8 keV.

Il résulte de travaux récents ([1]), ([2]), ([3]) que 77 % des désintégrations du RaD conduisent à l'état excité de 47 keV du RaD.

Nous avons essayé de mettre en évidence le spectre β conduisant à cet état excité en étudiant les coïncidences entre les électrons de conversion et les β du spectre. Le dispositif expérimental déjà utilisé ([4]) était constitué par deux compteurs Geiger accolés, présentant un orifice commun où l'on pouvait placer la source nue face à un des compteurs.

Le RaD était purifié en RaE et Po suivant la nouvelle méthode de G. Bouissières et C. Ferradini ([5]); les différentes sources utilisées contenaient moins de 1 % en désintégrations de RaE et de Po. A l'aide d'une chambre d'ionisation et d'un compteur Geiger étalonné, on pouvait connaître les impuretés au temps initial T_0 et suivre la croissance en RaE et Po.

Différentes études préalables, effectuées avec des sources de Po ([4]) et de RaE nous permettaient d'effectuer les corrections nécessaires sur les différents taux de comptage au temps T_0. De la croissance en RaE on pouvait déduire l'intensité absolue de la cource.

La courbe I représente l'absorption du rayonnement total émis par le RaD (N étant le nombre de désintégrations, calculé d'après la croissance en RaE). Il ressort de cette courbe qu'on ne compte que 1,0 + 0,1 électron par désintégration de RaD (compte non tenu du backscattering).

La limite de cette courbe d'absorption est compatible avec l'absorption d'un rayonnement électronique d'environ 40 à 45 keV. Les courbes II, III, IV, sont relatives à la variation du nombre de coïncidences.

Courbe II : la source est sur un support de 1,3 mg : cm² d'Al ou 1 mg : cm² Au; le support étant face à un compteur, on interpose entre

(*) Séance du 22 octobre 1950.

([1]) L. Cranberg, *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 155.

([2]) Butt et Brodie, *Proc. of the Harwell Nuclear Phys.*, Conf. sept. 1950, p. 96.

([3]) S. T. Tsien, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 503.

([4]) P. Falk-Vairant et J. Teillac, *J. Phys. Rad.*, **12**, 1951, p. 659.

([5]) *Analytica Chem. Acta*, 4, 1950, p. 610.

la source et l'autre compteur, des écrans d'épaisseur variable (Al ou Au).

Courbe III : la source est entre deux écrans de 0,17 mg : cm² d'Al ou 0,23 mg : cm² d'Au; on interpose entre chaque compteur et la source des écrans de même nature et de même épaisseur.

Courbe IV : le support de source est de 0,17 mg : cm² d'Al; les écrans sont placés entre le support et l'un des compteurs, l'autre compteur recevant le rayonnement direct.

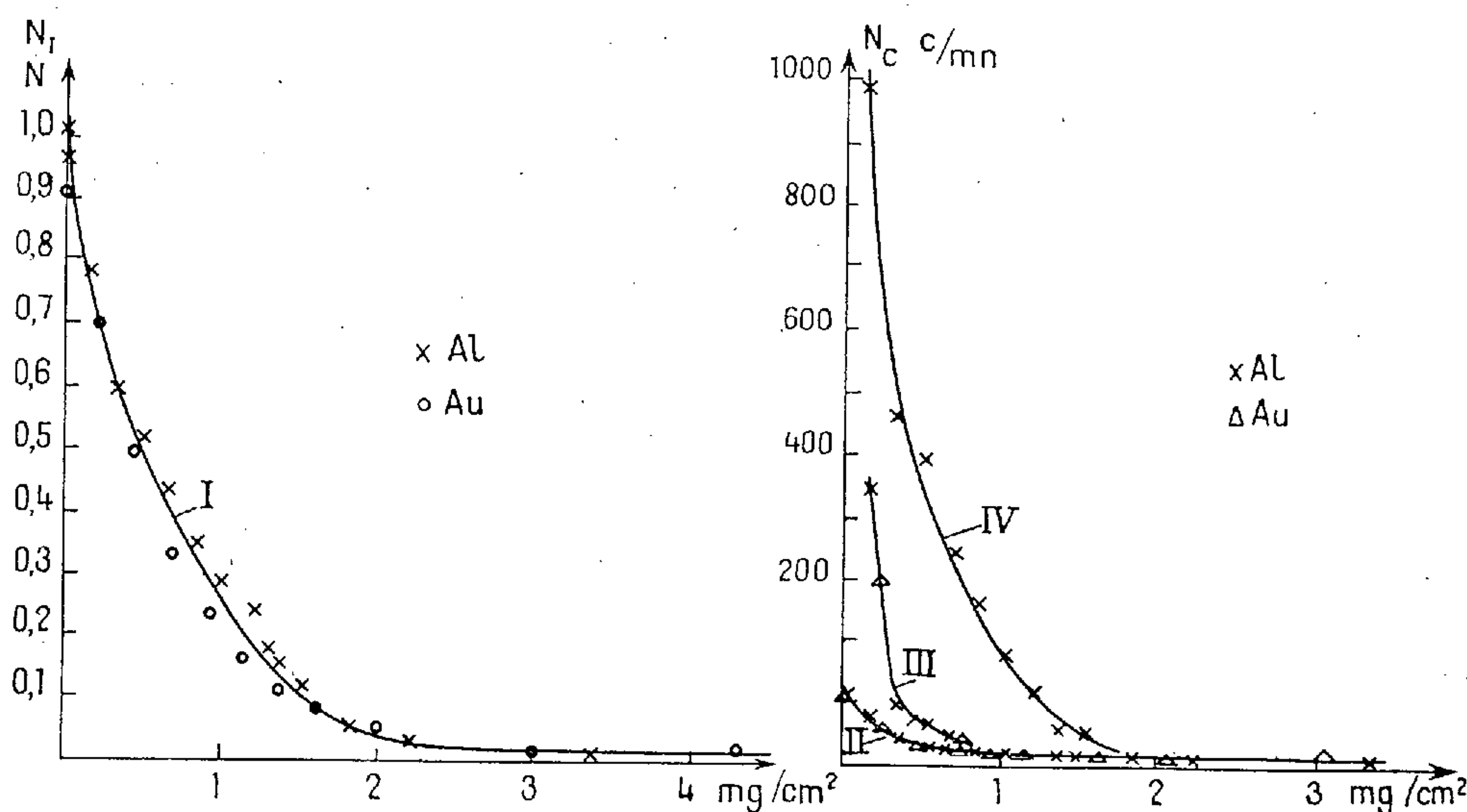


Fig. 1. Fig. 2.

Dans le dispositif utilisé pour la courbe III, les coïncidences cessent lorsque le rayonnement le moins énergique est absorbé; cette limite se situe vers 0,75 mg : cm². La courbe IV montre, au contraire, que le rayonnement le plus énergique en coïncidence est absorbé par environ 2 mg : cm² d'Al.

Comme d'autre part, les courbes d'absorption sont semblables avec Al et Au, on en conclut que les rayonnements en coïncidence sont bien de nature électronique.

Les limites d'absorption des différents rayonnements, le taux de coïncidences observé, ainsi que le nombre d'électrons comptés par désintégration sont en bon accord avec l'hypothèse que les rayonnements que nous avons observés pour le RaD sont :

les électrons de conversion L et M + N + O du rayonnement γ de 47 keV (dans 74 % des désintégrations);

les électrons Auger correspondant au réarrangement de la couche L (dans $\sim$ 40 % des désintégrations).

Nous n'avons pas eu de coïncidence avec les électrons de conversion

des couches M + N + O, ce qui prouverait que des électrons de 2 à 3 keV n'étaient pas comptés.

Enfin, le résidu de coïncidences, au delà de 0,7 mg : cm² qu'on voit sur la courbe II a été attribué aux rayonnements γ (6), les plus mous pouvant avoir une efficacité de quelques pour-cent dans nos compteurs. L'hypothèse suivant laquelle les électrons de conversion correspondant à ces γ pourraient donner des coïncidences nous paraît peu vraisemblable, puisque pour les γ de 43 et 37 keV, Cranberg (1) n'a détecté aucune raie intense et que, d'autre part, les électrons de conversion du γ de 47 keV expliquent la plus grande partie de l'intensité du rayonnement L (27 photons par 100 désintégrations) (7).

Il nous semble donc que le spectre β conduisant à l'état excité de 47 keV du RaE a une énergie inférieure à 8 keV (énergie des électrons Auger L les plus mous que nous ayons détectés).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la théorie des trous dans les liquides et le calcul de la chaleur de fusion.* Note de Mlle **Geneviève Sutra**, présentée par M. Jean Cabannes.

Pour la majorité des corps, le volume augmente d'environ 10 % lors de la fusion. Un certain nombre d'auteurs, en particulier Frenkel (1), supposent que cette augmentation est due à la création dans le liquide d'un certain nombre de surfaces de rupture qui se ferment à certains endroits pour s'ouvrir à d'autres et qui constituent à un moment donné un système de cavités microscopiques (trous). On peut admettre que ces trous sont approximativement des sphères de rayon r. Frenkel représente (*loc. cit.*, p. 178) le nombre des trous dont le rayon est compris entre r et $r+dr$ par $dN_r = N\exp(-W/kT)f(r)\,dr$.

L'énergie $W(r)$ peut être identifiée avec l'énergie libre de la cavité soit

$$(1) \qquad W(r) = 4\pi\gamma r^2 \qquad (\gamma,\ \text{constante capillaire du liquide}),$$

La valeur moyenne de $W(r)$ sera alors

$$\overline{W} = \frac{\int_0^\infty e^{-\frac{W}{kT}} W f(r)\,dr}{\int_0^\infty e^{-\frac{W}{kT}} f(r)\,dr} = -\frac{\partial}{\partial\alpha}\log I$$

(6) M. Frilley, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 505; L. Salgueiro et Valadares, *Portug. Phys.*, 3, 1949, p. 21.

(7) M. Frilley et S. T. Tsien, *Comptes rendus*, 220, 1944, p. 144.

(1) J. Frenkel, *Kinetic Theory of Liquids*, Oxford, 1946.

en posant

$$\alpha = \frac{1}{kT} \qquad \text{et} \qquad I = \int_0^\infty e^{-\alpha W} f(r)\, dr.$$

La valeur de $f(r)$ est inconnue; si l'on pose $f = \text{const.}$, on trouve tout de suite $\overline{W} = (kT/2)$. Si $f(r)$ est de la forme Ar^n (n entier et positif), on a $\overline{W} = (n+1)(kT/2)$.

Certains auteurs ont adopté pour $\overline{W}$ la valeur $(kT/2)$ qui correspond à l'énergie moyenne pour un degré de liberté. C'est le cas dans un travail récent de Choate et Lund ([2]); ces auteurs toutefois admettent que la tension superficielle qui figure en (1) peut être différente de la tension macroscopique; ils écrivent donc

$$\frac{1}{2} kT = \beta 4\pi r^2 \gamma \qquad (\beta < 1). \tag{2}$$

La valeur de $\bar{r}$, liée au « volume libre » du liquide, peut être calculée de diverses façons. Sa variation avec T s'obtient en identifiant la distribution atomique théorique dans le liquide ([3]) avec la distribution expérimentale obtenue par les études aux rayons X. Le calcul a été fait pour le mercure en admettant les courbes de Campbell et Hildebrand ([4]). Entre — 38 et 200° C, on trouve $r = 97.10^{-12}\, T^{0,62}$. Cette valeur de r est portée dans (2), ce qui donne

$$\gamma \beta T^{0,24} = 582. \tag{3}$$

En utilisant les valeurs de γ pour Hg entre 0 et 354° C, on trouve pour $1/\beta$ des valeurs oscillant très peu autour de 3,21, soit pour β une valeur très voisine de 1/3, de sorte que (2) pourrait s'écrire $4\pi r^2 \gamma = (3/2)kT$. Cette équation veut dire que l'on peut employer le γ macroscopique, à condition d'admettre que $\overline{W}$ a la valeur $(3/2)kT$, correspondant à 3 degrés de liberté pour l'extension de la cavité.

Admettons que $\overline{W} = (3/2)kT$; pour N trous, c'est $3NkT/2$. *Si l'on suppose qu'il y a autant de trous que d'atomes* Hg, cela donne $3RT/2 = 1{,}5\, RT$. Or l'expérience donne pour la chaleur de fusion du mercure 1,2 RT. Il semble qu'on puisse donc admettre, au moins en première approximation, que la chaleur de fusion est donnée par la relation très simple $W_f = 3RT_f/2$ (4).

Le tableau suivant donne le W/RT expérimental pour quelques substances où l'unité semble l'atome.

Na.	K.	Cu.	Ag.	Au.	Zn, Cd, Hg.	Ne, A.	Sn.	Ga.
0,85	0,8	0,98	0,92	1,13	1,2	1,6	1,65	2,19.

([2]) *J. Chem. Physics*, **19**, 1951, p. 1062.
([3]) C. N. Wall, *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 1062.
([4]) *J. Chem. Physics*, **11**, 1943, p. 330.

Pour les gaz rares, la relation (4) donne donc la valeur correcte de W_f. L'emploi de $\overline{W} = kT/2$ a été fait par Mukherjee ([5]), à l'aide d'un calcul assez compliqué; il donne des discordances plus grandes que les précédentes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Modifications de texture et de structure de l'hydrargillite au cours de sa déshydratation.* Note de MM. **Louis Blanchin**, **Boris Imelik** et **Marcel Prettre**, présentée par M. Paul Pascal.

La déshydratation de l'hydrargillite a été examinée en fonction de la température selon une méthode permettant de définir à chaque température le terme ultime de l'évolution. Dans ces conditions, un arrêt de la décomposition est observé pendant un intervalle d'environ 100° quand le solide a atteint approximativement la composition $2Al_2O_3$, H_2O. Ce solide monophasé a alors la structure de la bœhmite malgré un important déficit en eau de constitution par rapport à la formule usuelle de cet hydrate.

De nombreux emplois de l'hydrargillite et de ses produits de déshydratation plus ou moins complète font appel aux propriétés interfaciales de ces solides. Aussi des travaux récents ont-ils cherché à définir leurs caractéristiques texturales et structurales les plus favorables à une action d'interface. Ainsi Calvet et Alia ([1]) ont mis en évidence, par une méthode microcalorimétrique, l'influence de la nature et de l'état de cristallisation des hydrates d'alumine sur leur aptitude à amorcer l'hydrolyse des solutions alumino-sodiques. Russel et Cochran ([2]) ont d'autre part relié, au moyen de la thermogravimétrie et de mesures de surface spécifique, la teneur en eau restante à la texture des produits de déshydratation partielle des quatre hydrates d'alumine. Les travaux résumés ici étaient en cours lors de la publication de ce dernier Mémoire et étaient fondés sur l'emploi des mêmes techniques. Mais les conditions choisies par nous permettent, tout en les confirmant, d'apporter de nouvelles précisions aux conclusions de ces auteurs.

Il est usuel de mettre en œuvre la thermogravimétrie soit en température linéairement croissante, soit par chauffage isotherme de la matière première à diverses températures durant un temps limité. Ces modes d'emploi présentent le grave inconvénient de minimiser l'effet des températures modérées où l'évolution chimique est trop lente pour être achevée même en quelques heures. Pour remédier à ce défaut, nous avons procédé à l'étude thermogravimétrique de la décomposition de l'hydrargillite en opérant toujours sur le même échantillon soumis à de nombreux chauffages isothermes successifs, chaque température étant maintenue jusqu'à poids constant de l'échantillon. Comme lors de

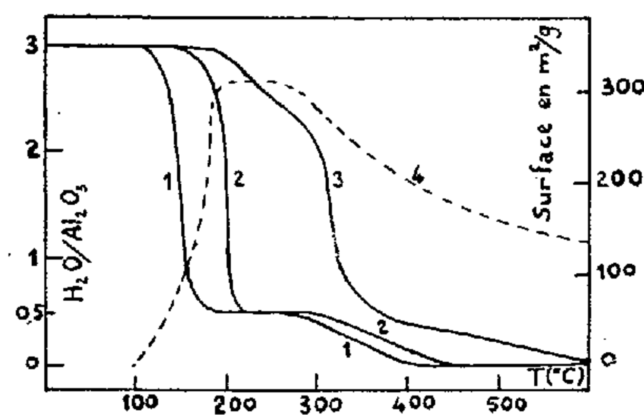
([5]) N. R. Mukherjee, *J. Chem. Physics*, 19, 1951, p. 502.

([1]) Calvet, Boivinet, Thibon et Maillard, *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 402.

([2]) *Ind. Eng. Chem.*, 42, 1950, p. 1336.

travaux antérieurs sur d'autres masses de contact ([3]), les expériences ont été conduites tantôt à la pression ordinaire en courant d'azote pur et sec, tantôt sous vide élevé.

Les teneurs en eau restante successivement enregistrées ainsi sont portées sur la figure en fonction de la température. Elles donnent les courbes 1 ($p = 0{,}001$ mm) et 2 ($p = 750$ mm) qui expriment l'effet d'un *traitement thermogravimétrique à vitesse infiniment lente de montée de température*. La



courbe 3, par contre, a été enregistrée avec une thermobalance Chevenard à la vitesse de 2°,5 par minute. La comparaison des courbes 2 et 3 montre que seuls des chauffages très prolongés mettent en évidence un caractère important de la dissociation étudiée : l'arrêt de la déshydratation durant quelque 100°. La teneur en eau du solide correspond alors très sensiblement à la formule $2Al_2O_3, H_2O$. Lors d'un chauffage rapide, ce degré de déshydratation n'est atteint qu'à une température où il a cessé d'être stable.

Les mesures de surface spécifique par adsorption d'azote à — 195° et l'étude de la porosité par densimétrie dans l'hélium et le mercure montrent que la décomposition entraîne une évolution de texture conforme aux observations de Russell et Cochran (*loc. cit.*). Mais elles confirment en même temps l'existence de deux étapes distinctes dans la dissociation. Comme le montre la courbe 4 des surfaces spécifiques en fonction de la température, le solide initial acquiert progressivement, durant la première étape de la déshydratation, une texture poreuse favorable aux actions d'interface. Cette texture se maintient intacte dans l'intervalle de température où cesse toute évolution chimique, pour décroître lentement ensuite quand se produit un nouveau départ d'eau.

Ces résultats imposent d'admettre que la transformation de l'hydrargillite en alumine anhydre implique l'apparition d'une étape intermédiaire moins hydratée. Celle-ci, lorsqu'elle a atteint une composition très voisine de $2Al_2O_3, H_2O$, demeure stable dans un intervalle d'environ 100°. La seule phase hydratée identifiée en cours de la décomposition des trihydrates d'alumine

---

([3]) PRETTRE, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 99; PERRIN, *Thèse*, Lyon, 1949; TEICHNER, *Thèse*, Lyon, 1950.

est la bœhmite (⁴) de formule habituelle Al_2O_3, H_2O. L'examen de nos échantillons aux rayons X a montré qu'au fur et à mesure que progresse la première étape de la déshydratation, la phase initiale hydrargillite est peu à peu remplacée par la phase bœhmite qui est seule identifiable dans le solide répondant à la formule hémihydratée. La structure bœhmite peut donc supporter, sans modifications décelables aux rayons X, un important déficit en eau de constitution. Ce fait paraît devoir être en relation avec la texture poreuse très développée et les propriétés interfaciales que possède alors le solide.

SPECTROCHIMIE. — *L'analyse spectrochimique des laitiers sidérurgiques. Préparation d'étalons synthétiques par frittage.* Note (*) de MM. **René Castro** et **René Loude**, présentée par M. Albert Portevin.

L'analyse spectrochimique d'émission des minéraux naturels et artificiels nécessite la possession d'étalons d'analyse connue, de composition encadrant et jalonnant les domaines de teneurs à explorer. Il est difficile de préparer facilement de tels étalons et surtout de connaître leur analyse avec suffisamment de précision, ce dernier point entraînant nécessairement des erreurs dans l'analyse ultérieure d'échantillons inconnus [1].

Les étalons synthétiques préparés par mélange et fusion de constituants purs (oxydes, par exemple) sont rarement homogènes et sont souvent contaminés par la scorification des parois des creusets de fusion. Quant aux simples mélanges de constituants divisés, directement excités par l'arc ou l'étincelle, leur réponse spectrale n'est pas la même que celles du laitier ou du minéral de même analyse globale.

Il nous a été possible de résoudre ces difficultés et de préparer facilement des laitiers synthétiques de composition exactement prédéterminée, ayant une réponse spectrale identique à celle de laitiers sidérurgiques de même analyse. A cet effet, les constituants des laitiers, oxydes ou sels décomposables par la chaleur, finement pulvérisés et bien mélangés, sont frittés vers 1200° en creuset de platine pendant quelques heures; la masse durcie est ensuite broyée.

Les diagrammes de Debye-Scherrer des frittes accusent la disparition des raies des constituants initiaux et l'apparition des raies des laitiers « naturels » correspondants. Un second frittage est rarement nécessaire (TiO_2 ou FeO à faibles teneurs).

(⁴) Stumpf, Russell, Newsome et Tucker, *Ind. Eng. Chem.*, 42, 1950, p. 1398; Thibon, Charrier et Tertian, *Bull. Soc. Ch. Fr.*, 18, 1951, p. 384.

(*) Séance du 22 octobre 1951.

(¹) J. Gillis et M. J. Eeckhout, *Colloque Int. Spect.*, Strasbourg, 1950 (C. R. publiés par le G. A. M. S.).

Cette technique rapide et précise a permis d'établir les conditions analytiques de nombreuses familles de laitiers sidérurgiques : laitiers alumino-calciques de brassage, laitiers de décarburation d'aciers inoxydables par l'oxygène, laitiers oxydants ou laitiers réducteurs et désulfurants d'élaboration classique, etc. Les domaines de teneurs à couvrir pour ces laitiers étaient les suivants :

CaO : 30 à 70 %; $Al_2O_3 \leqq 50$ %; SiO_2, FeO, Cr_2O_3, MgO : $\leqq 20$ à 30 %; TiO_2, MnO : quelques unités pour-cent.

La technique d'analyse a consisté à exciter par un arc unidirectionnel pulsé (contre-électrode de graphite pur) le spectre de l'échantillon pulvérisé, dilué à 5 ou 10 % dans de la poudre de Ni pur, et comprimé à 3 kg : mm^2 en pastilles plates (²). Le dépouillement des spectres et le tracé de la courbe d'étalonnage ont été faits par la méthode dite « d'étalonnage interne mutuel » (³), consistant à porter, pour un élément donné M (⁴), le facteur analytique spectral $\Delta Y_{(M/Si)} = \log I_M / \log I_{Si\,2528}$ en fonction de $R_M = MO/SiO_2$ en poids.

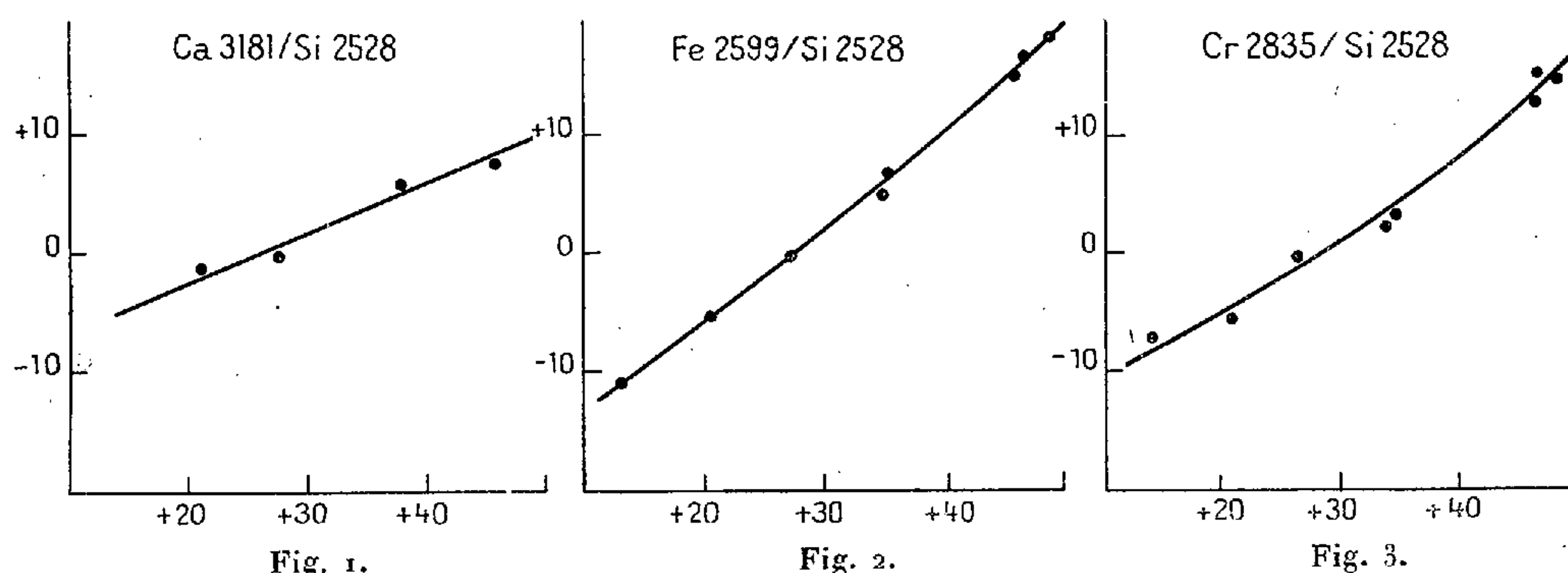


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

En abscisse : $\Delta Y_{Ca\,3181/Ni\,2913}$. — *En ordonnée :* correction de $\Delta Y_{(M/Si)}$.

Remarque : Des courbes de correction analogues ont également été tracées pour : Mg, Al, Ti, Mn.

Carlsson et Yu (³) ont récemment montré que $\Delta Y_{(Ca/Si)}$ était fortement dépendant de CaO pour $R_C = CaO/SiO_2$ constant, principalement aux teneurs élevées en cet oxyde (laitiers réducteurs). Nous avons constaté que dans les conditions d'excitation utilisées par nous, l'influence de CaO se faisait également sentir sur les $\Delta Y_{(M/Si)}$ de tous les autres constituants du laitier, et pu établir des courbes de correction dont les figures 1 à 3

(²) Le détail du mode opératoire fera l'objet d'une publication ultérieure.

(³) *J. Ir. and St. Inst.*, **166**, 1950, p. 273-280.

(⁴) Les raies utilisées pour les divers constituants ont été les suivantes : Ca 3181; Fe 2599; Cr 2835; Mg 2779; Al 3092; Mn 2576; Ti 3341.

donnent des exemples ([5]). La correction à effectuer sur $\Delta Y_{(M/Si)}$ mesuré sur la plaque est exprimée, non en fonction de la teneur vraie en CaO, mais en fonction de $\Delta Y_{(Ca/Ni)} = \log I_{Ca\,3181}/\log I_{Ni\,2913}$ également mesurée directement sur la plaque; on voit ici l'utilité supplémentaire de l'emploi du nickel, lequel joue le rôle d'étalon interne auxiliaire.

Par ailleurs, on a observé que la chaux semblait être le seul oxyde à jouer ce rôle perturbateur, et que pour CaO constant, la courbe d'étalonnage $R_M = f[\Delta Y_{(M/Si)}]$ n'était pas sensiblement perturbée par les variations des teneurs relatives des autres constituants du laitier.

A titre de vérification indirecte, il a été constaté que de nombreux laitiers « naturels » dosés chimiquement avec précision avaient des points représentatifs, corrigés pour CaO, qui se plaçaient d'une façon très satisfaisante sur les courbes d'étalonnage.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les réactifs spécifiques du germanium.* Note de MM. **Arakel Tchakirian** et **Pierre Bevillard**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons précisé dans une Note précédente ([1]) les caractères des molécules organiques fournissant des complexes insolubles avec le germanium. L'étude de la sensibilité nous a fourni les résultats suivants (concentrations exprimées en gramme de germanium par centimètre cube de solution) :

Gallocyanine : 50 mg de colorant dissous dans 100 cm³ d'eau contenant 1 cm³ d'acide chlorhydrique commercial; coloration violet foncé à concentration de 2.10^{-5} (pD = 4,7) en germanium.

Violet moderne : même préparation que le réactif précédent; précipité violet jusqu'à concentration de 5.10^{-6} (pD = 5,3).

Trioxyaurine du pyrocatéchol : 50 mg dans 50 cm³ d'eau; précipité violet jusqu'à concentration de 3.10^{-7} (pD = 6,5).

Purpurogalline : 50 mg dans 100 cm³ d'alcool à 95°; précipité rose rouge jusqu'à concentration de 10^{-5} (pD = 5).

Dihydroxy-3.4 azobenzène : 50 mg dans 100 cm³ d'eau; précipité rouge jusqu'à concentration de 4.10^{-5} (pD = 4,4).

Hématoxyline : solution alcoolique; précipité rouge violet jusqu'à concentration de $1,5.10^{-6}$ (pD = 5,8).

On améliore la sensibilité en élevant le poids moléculaire des réactifs employés.

Dans cet ordre d'idées nous avons copulé le tétrazoïque de la benzidine avec

---

([5]) Ces corrections s'appliquent aux courbes d'étalonnage établies avec des laitiers à 50 % CaO.

([1]) A. Tchakirian et P. Bevillard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 256.

le pyrogallol. La matière de couleur brun rouge obtenue est employée en solution alcoolique à 0,05 %. On ajoute une goutte de liquide à essayer à 1 cm^3 de réactif, puis cinq gouttes d'acide chlorhydrique : la coloration jaune à rose disparaît en présence de germanium qui donne un précipité bleu violet. La sensibilité atteint 10^{-7} g de germanium par centimètre cube de solution.

On a également étudié les azoïques résultant de la copulation du tétrazoïque de la benzidine avec le dihydroxynaphtalène-1.2; du tétrazoïque de la benzidine avec le dihydroxynaphtalène-1.2; du tétrazoïque de la benzidine avec le dihydroxynaphtalène-2.3 sulfoné 6 du diazoïque de l'aniline avec le dihydroxynaphtalène-2.3 sulfoné 6.

Ce dernier se présente sous forme d'une poudre brune soluble en rouge dans l'alcool. Les solutions dans l'acide sulfurique concentré sont violettes. Elles virent au bleu en présence de germanium.

L'augmentation du poids moléculaire se traduit par deux conséquences :

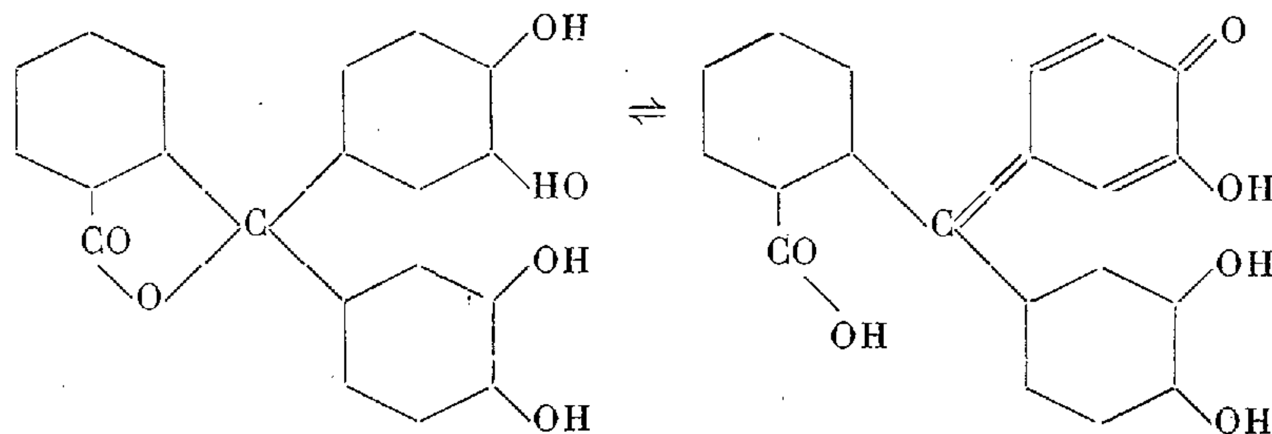
1° les colorants deviennent insolubles même dans les solvants organiques, seule l'acétone semble garder un bon pouvoir dissolvant;

2° le germanium réagit en milieu de pH de plus en plus bas et l'addition d'acide tend à précipiter le colorant en masquant la réaction due au complexe formé par le métal.

En introduisant des groupements acides dans la molécule on augmente la solubilité du colorant. Le diazoïque de l'acide sulfanilique copulé avec le dihydroxynaphtalène-1.2 fournit un colorant rouge soluble dans l'alcool qui donne un précipité bleu violet avec le germanium. Copulé avec le pyrocatéchol, il fournissait un réactif donnant seulement une coloration rouge.

La recherche de l'amélioration de la sensibilité consiste donc à choisir des molécules de poids moléculaires élevés et portant des groupements acides.

Dans d'autres conditions la présence de nouveaux groupements sur la molécule du réactif peut modifier le caractère de la réaction. Si le dihydroxy-3.4 triphénylcarbinol réagit en milieu acide fort, la réaction se produit seulement en milieu neutre avec le tétraméthyl diparamino-4'.4'' dihydroxy-3.4 triphénylcarbinol. Ceci s'explique en admettant qu'aux bas pH ce n'est pas l'hydrogène mobile du groupement oxhydrile qui tend à se déplacer, provoquant une modification du noyau correspondant, mais que ce sont les noyaux aminés qui tendent à modifier leur structure.



La pyrocatéchol-phtaléine offre un autre exemple particulier de la réaction. Elle présente en milieu acide une forme lactonique incolore, mais comme dans le cas de la phénolphtaléine on observe en milieu basique un équilibre, la solution est bleue en milieu alcalin, en présence de germanium, cette coloration ne se produit plus.

Signalons enfin l'influence inhibitrice des acides organiques vis-à-vis des réactions étudiées (acide oxalique et acides-alcools). Cette dissimulation se manifeste également en présence d'amalgame de sodium, qui ne produit plus de précipité brun noir métallique au contact d'une solution de bioxyde de germanium.

Acide.	Réaction de l'amalgame.	Réaction colorée.
Oxalique....................	Réaction négative	Réaction négative
Malique......................	»	»
Tartrique....................	»	»
Citrique....................	»	»
Lactique....................	»	»
Malonique....................	Réaction positive	Réaction positive
Adipique....................	»	»
Salicylique..................	»	»

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur la susceptibilité diamagnétique des radicaux libres et des biradicaux aromatiques.* Note (*) de Mme **Alberte Pullman** et M. **Gaston Berthier**, présentée par M. Louis de Broglie.

On montre que la stabilisation par résonance des radicaux libres provenant de la dissociation des aryléthanes devrait s'accompagner, en général, d'une diminution de l'anisotropie diamagnétique. D'autre part, le métadiphénoquinodiméthane, qui est un biradical, devrait avoir une anisotropie diamagnétique supérieure à celle de son isomère le paradiphénoquinodiméthane, dont l'état fondamental est un singulet.

Selwood et Dobres ([1]) ont postulé récemment que la stabilisation par résonance des radicaux libres aromatiques provenant de la dissociation homolytique des aryléthanes devrait s'accompagner d'un appréciable accroissement du diamagnétisme moléculaire, parallèle à l'accroissement bien connu de l'énergie de résonance.

Cette hypothèse nous a paru mal fondée, car nous avons montré récemment que l'établissement d'une conjugaison entre un noyau aromatique et une chaîne extracyclique provoque une dépréciation du diamagnétisme moléculaire : ainsi, l'anisotropie du styrolène est inférieure à celle du benzène et l'anisotropie du stilbène ou du diphényl-1.4 butadiène est inférieure à celle de deux noyaux benzéniques isolés ([2]). L'évolution des propriétés magnétiques est donc diffé-

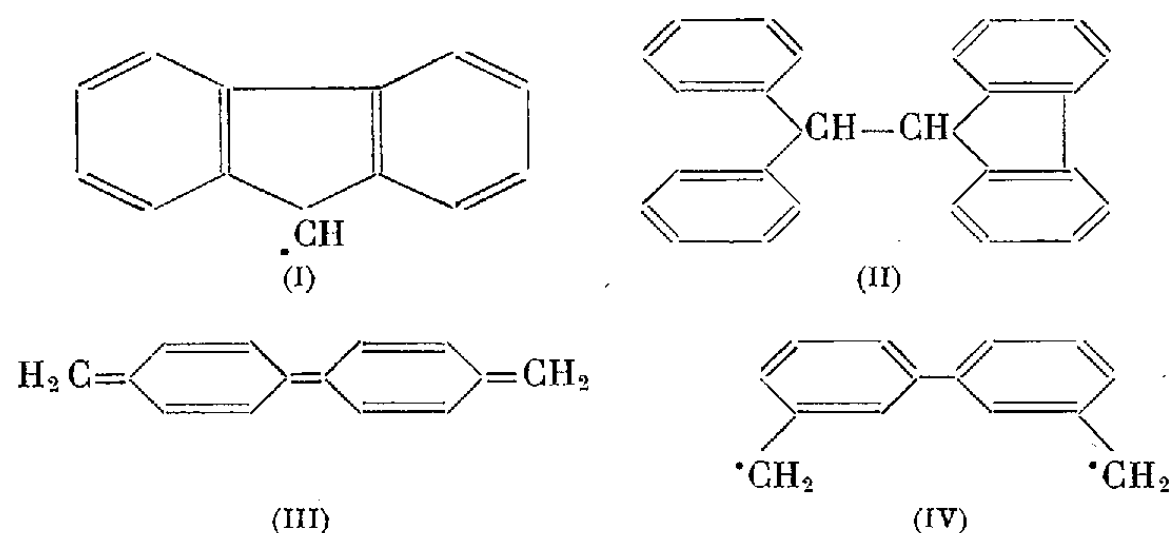
(*) Séance du 22 octobre 1951.

([1]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 3860.

([2]) G. Berthier, M. Mayot et B. Pullman, *J. Phys.*, 12, 1951, p. 717.

rente, dans ces composés, de l'évolution des énergies de résonance. L'électron célibataire des radicaux libres jouant, du point de vue des possibilités de résonance, un rôle analogue à celui d'une chaîne extracyclique non saturée, il nous a paru probable que la délocalisation de cet électron devrait s'accompagner également, dans les radicaux libres considérés par Selwood et Dobres, d'une diminution du diamagnétisme.

Composé.	$\Delta K.10^{-11}\beta$.	$\frac{\Delta K}{\Delta K_{benz}}$.
Benzène	1,293	1
Phénylméthyle	0,815	0,630
Diphénylméthyle	1,894	1,464
Triphénylméthyle	3,063	2,369
Cyclopentadiényle	0,598	0,462
Cycloheptatriényle	1,985	1,535
Fluorényle (I)	0,417	0,322
Paradiphénoquinodiméthane (III)	1,104	0,853
Métadiphénoquinodiméthane (IV)	1,523	1,177



Comme l'indique la première partie du tableau ci-dessus, les calculs, effectués par la méthode décrite antérieurement ([3]), confirment que cette prévision est correcte. On constate, en effet, par exemple que l'anisotropie du triphénylméthyle n'est égale qu'à 2,369 fois celle du benzène. L'anisotropie de l'hexaphényléthane étant égale, en première approximation, à six fois celle du benzène isolé, la dissociation se traduit par une perte d'anisotropie égale à 1,262 fois celle du benzène. De même, l'anisotropie diamagnétique du radical libre fluorényle, (I), n'est que de 0,322 fois celle d'un benzène. L'anisotropie du *bis*-diphénylèneéthane, (II), étant égale, en première approximation, à deux fois celle d'un biphényle, donc 3,736 fois celle d'un benzène ([2]), la dissociation se traduit dans ce cas par une perte très substantielle de diamagnétisme. Il y a

([3]) M. Mayot, G. Berthier et B. Pullman, *J. Phys.*, 12, 1951, p. 652. Ayant montré dans ce travail que l'introduction du recouvrement n'exerce qu'une influence minime sur la valeur de l'anisotropie diamagnétique, nous nous contentons dans la présente Note de l'approximation sans recouvrement.

donc là une sorte d'effet hypsodiamagnétique dont l'existence montre le danger d'utilisation des idées qualitatives de la théorie de la résonance dans des domaines relativement complexes.

Un problème apparenté est celui de l'exaltation du diamagnétisme dans les biradicaux aromatiques. Les deux dernières lignes du tableau contiennent les résultats du calcul pour le paradiphénoquinodiméthane (III) (dont le dérivé tétraphénylé est bien connu sous le nom d'hydrocarbure de Tchichibabine), et le métadiphénoquinodiméthane (IV) (dont le dérivé tétraphénylé est connu sous le nom d'hydrocarbure de Schlenk). L'état fondamental de (III) est un singulet alors que (IV) doit être considéré comme étant un biradical ([4]). Néanmoins on constate que l'anisotropie diamagnétique de (IV) est *supérieure* à celle de (III). Dans ce cas particulier, l'exaltation du diamagnétisme est donc plus forte dans l'isomère possédant une paire d'électrons découplés que dans l'isomère dont tous les électrons occupent, couplés par paires, les orbitales moléculaires liantes. On remarque néanmoins que les deux isomères ont une anisotropie diamagnétique inférieure à celle du biphényle. Il manque d'autres exemples de biradicaux pour pouvoir tirer de ce cas des conclusions générales.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur l'expression analytique des grandeurs de la chimie théorique des chaînes linéaires et cycliques alternées.* Note (*) de M. **René Gouarné**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étudions par la méthode m. o. ([1]) les chaînes alternées à n centres :

$$1 - 2 - 3 \cdots n-1 - n$$

II { A ... B

1. Les atomes de rang impair sont d'une espèce a et les autres d'une espèce b, d'où le nom de chaînes alternées. Hypothèse : l'intégrale coulombienne d'un atome dépend de sa nature, non de son rang (soit α_a et α_b les paramètres introduits); l'intégrale d'échange d'une liaison dépend de la nature des atomes

([4]) H. C. Longuet-Higgins, *J. Chem. Phys.*, **18**, 1950, p. 265.

(*) Séance du 22 octobre 1951.

([1]) C. A. Coulson, *Proc. Roy. Soc.*, A **191**, 1939, p. 40.

([2]) D. E. Rutherford, *Proc. Roy. Soc.*, Edimburg, 1945.

liés (β_{ab}). Notation : $\alpha_a - E = y\beta_{ab} = 2\cos\varphi.\beta_{ab}$, $\alpha_b - \alpha_a = c\beta_{ab}$.

$$\text{Équation séculaire}\begin{cases} n \text{ pair} : & a_n(y, c) = P_n(2\cos\varphi) = 0, \\ n \text{ impair} : & a_n(y, c) = \dfrac{P_n(2\cos\varphi)\sqrt{y}}{\sqrt{y+c}} = 0. \end{cases}$$

Niveaux énergétiques :

$$n \text{ pair}\begin{cases} y_j = \dfrac{-c-\Delta(c, n, j)}{2} = y^-(c, n, j) & \left(1 \leq j \leq \dfrac{n}{2}\right); \\ y_j = \dfrac{-c+\Delta(c, n, j)}{2} = y^+(c, n, j) & \left(\dfrac{n}{2} < j \leq n\right). \end{cases}$$

$$n \text{ impair}\begin{cases} y^-(c, n, j) \quad \left(1 \leq j \leq \dfrac{n-1}{2}\right); \qquad y^+(c, n, j) \quad \left(\dfrac{n+1}{2} < j \leq n\right), \\ y_{\frac{n+1}{2}} = 0, \quad \text{avec} \quad \Delta(c, n, j) = \sqrt{c^2 + 16\cos^2\varphi_j} \quad \text{et} \quad (n+1)\varphi_j = j\pi. \end{cases}$$

Coefficients normés :

$$n \text{ pair}\begin{cases} c_{2p,j} = \dfrac{(-1)^{2p-1}2\sqrt{y_j}\sin 2p\varphi_j}{\sqrt{(n+1)(2y_j+c)}} & \left(1 \leq p \leq \dfrac{n}{2}\right); \\ c_{2p-1,j} = \dfrac{(-1)^{2p-2}2\sqrt{y_j+c}\sin(2p-1)\varphi_j}{\sqrt{(n+1)(2y_j+c)}} & (j = 1, 2, \ldots, n). \end{cases}$$

n impair : mêmes formules si $j \neq \dfrac{n+1}{2}$ tandis que : $2p = 2, 4, n-1$;

$$c_{2p, \frac{n+1}{2}} = 0 \qquad \text{et} \qquad c_{2p-1, \frac{n+1}{2}} = (-1)^{p-1}\sqrt{\frac{2}{n+1}} \qquad (2p-1 = 1, 3, \ldots, n)$$

ou encore

$$c_{l,j} = \frac{(-1)^{l-1}\sqrt{2}}{\sqrt{n+1}}\sin l\varphi_j\sqrt{1 - \frac{\varepsilon(-1)^l c}{\Delta(c, n, j)}} \qquad (1 \leq l \leq n),$$

$\varepsilon = +1$ pour les niveaux positifs, -1 pour les négatifs $(2j \neq n+1)$.

Calcul des grandeurs. — Il n'implique pas celui des niveaux et des coefficients. Ainsi, pour $1 \leq l < n$ et $1 \leq j \leq n/2$ ou $n - 1/2$ selon la parité de n :

$$p_{l,l+1} = 2[1 + \cos 2\varphi_j - \cos 2l\varphi_j - \cos(2l+2)\varphi_j]\frac{n_j - n_{\frac{n}{2}+j}}{n+1\,\Delta(c, n, j)}$$

n_i : nombre d'électrons π de la $i^{\text{ième}}$ o. m. Il est des cas très simples.

2. Les atomes de rang $2k+1$ et $n/2 + 2k + 1$ sont d'une espèce a, les autres d'une espèce b. Les hypothèses du 1 introduisent les 4 paramètres α_a, α_b, β_{aa}, β_{bb}.

Par symétrie : $c_{l,j} = \varepsilon_j c_{n/2+l,j}$ avec $\varepsilon_j = \pm 1$ et $1 \leq l \leq n/2$.

Posons $\alpha_a - E + \varepsilon\beta_{aa} = (y+c)\beta_{ab}$ et $c\beta_{ab} = \alpha_a - \alpha_b + \varepsilon\beta_{aa}$; c_+ et c_- les valeurs possibles de c.

Équation séculaire : $a_{n/2}(y+c_+, -c_+)a_{n/2}(y+c_-, -c_-)=0$.

Niveaux énergétiques : $y^-(c_+, n/2, j)$; $y^-(c_-, n/2, j)$; $y^+(c_+, n/2, j)$; $y^+(c_-, n/2, j)$ et en plus pour le type A : $y^-=-c_+$ et $y^+=-c_-$; $1\leq j\leq n/4$ type B; $1\leq j\leq n-2/4$ type A.

Les coefficients normés s'obtiennent en divisant par $\sqrt{2}$ les expressions correspondantes de 1; en remplaçant n par $n/2$, c par $-c_+$ ou $-c_-$, les y_j par les y^++c ou y^-+c et en limitant j comme ci-dessus.

Charges q et indices de liaison p. $q_{n/2+l}=q_l\ (1\leq l\leq n/2)$

$$q_l=1-(-1)^l\frac{4}{n+2}\sin^2 l\varphi_j\left[\frac{c_+}{\Delta\left(c_+,\frac{n}{2},j\right)}+\frac{1}{\Delta\left(c_-,\frac{n}{2},j\right)}\right].$$

Les charges sont unitaires pour

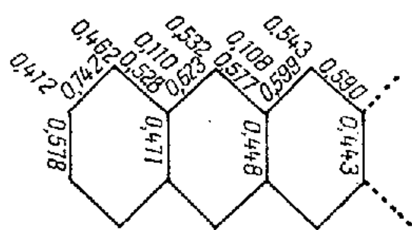
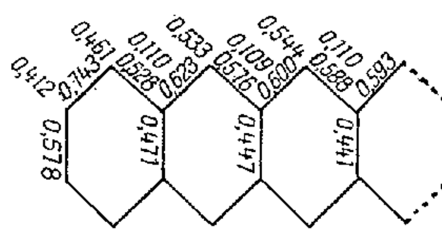
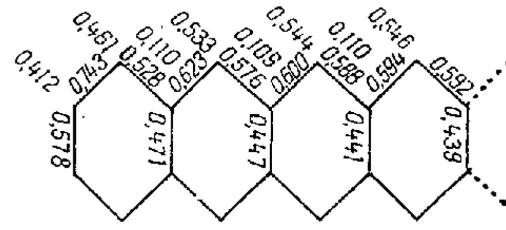
$$c_++c_-=0\qquad\left(1\leq j\leq\frac{n}{4},\text{ type B; } 1\leq j\leq\frac{n-2}{4},\text{ type A}\right)$$

$$p_{l,l+1}=\frac{16}{n+2}\cos\varphi_j\sin l\varphi_j\sin(l+1)\varphi_j\left[\frac{1}{\Delta\left(c_+,\frac{n}{2},j\right)}+\frac{1}{\Delta\left(c_-,\frac{n}{2},j\right)}\right]$$

$$p_{2k-1,\frac{n}{2}+2k-1}=\frac{4}{n+2}\sin^2\frac{n\pi}{4}+\frac{4}{n+2}\sin^2(2k-1)\varphi_j\left[\frac{c_+}{\Delta\left(c_+,\frac{n}{2},j\right)}-\frac{c_-}{\Delta\left(c_-,\frac{n}{2},j\right)}\right]$$

$$\left(1\leq k\leq\frac{n+2}{4},\text{ type A; } 1\leq k\leq\frac{n}{4},\text{ type B}\right).$$

3. *Applications*. — Valences et indices de liaison de l'hexacène, de l'heptacène et de l'octacène (squelettes limités à leur partie utile, à compléter par symétrie).

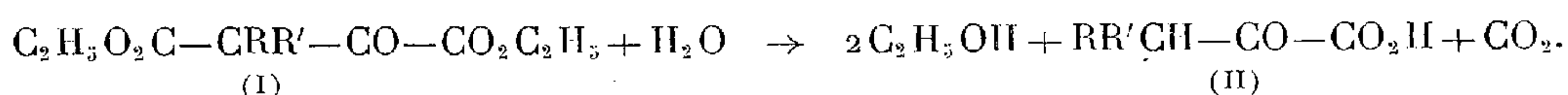
CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à la préparation des acides α cétoniques aliphatiques*. Note de M. **Jean Schreiber**, présentée par M. Marcel Delépine.

Mise au point d'une dégradation en milieu acéto-bromhydrique des esters oxalacétiques β substitués conduisant d'une manière simple aux acides α cétoniques correspondants.

L'hydrolyse et la décarboxylation des esters oxalacétiques β substitués indiquée pour la première fois par Wislicenus [1], constitue la méthode

(1) *Ann. Chem.*, **246**, 1888, p. 326.

généralement employée pour préparer les acides α cétoniques aliphatiques



$$C_2H_5O_2C-CRR'-CO-CO_2C_2H_5 + H_2O \rightarrow 2C_2H_5OH + RR'CH-CO-CO_2H + CO_2.$$
(I) (II)

Comme nous l'avons indiqué dans la préparation de l'acide méthylpyruvique ([2]), il peut être avantageux d'isoler intermédiairement l'anhydride oxalacétique correspondant; mais dans la majorité des cas, hydrolyse et décarboxylation sont effectuées simultanément à l'aide d'un acide minéral dilué. Wislicenus et Arnold ([1]), Mebus ([3]), Rasow et Bauer ([4]) utilisent SO_4H_2 au 1/10, Neuberg et Peterson ([5]) SO_4H_2 à 30 %; Adikes et Andresen ([6]), Vogel et Schintz ([7]) HCl au 1/3. Nous même avons employé le mélange sulfo-chlorhydrique ([8]); mais aucun des procédés décrits n'est satisfaisant.

En milieu hétérogène l'opération est longue et pénible; ensuite l'extraction de l'acide α cétonique est laborieuse. D'autre part Vogel et Schintz ([7]) n'arrivent pas à hydrolyser les esters oxalacétiques disubstitués infirmant de ce fait les travaux plus anciens de Mebus ([3]), Rasow et Bauer ([4]), de Neuberg et Peterson ([5]).

Ayant récemment préparé quelques esters oxalacétiques mono et disubstitués ([9]), nous avons à nouveau étudié leur dégradation en milieu acide homogène.

En effet à l'occasion de la préparation de l'acide benzylpyruvique. P. Cordier ([10]) a signalé qu'il était avantageux d'opérer l'hydrolyse et la décarboxylation de l'ester benzyloxalacétique en milieu acétique par l'acide chlorhydrique à chaud, le mélange étant ainsi homogène. La méthode que nous avons employée s'inspire du même principe, nous avons toutefois utilisé l'acide bromhydrique à la place de l'acide chlorhydrique et réglé la température de telle manière que la distillation de l'acétate d'éthyle se fasse au fur et à mesure de sa formation; ces conditions que nous précisons plus loin, nous ont paru très nettement avantageuses; la décarboxylation de l'ester oxalacétique substitué conduit avec de bons rendements à l'acide α-cétonique correspondant que l'on distille sous pression réduite. Nous avons mis au point le mode opératoire suivant :

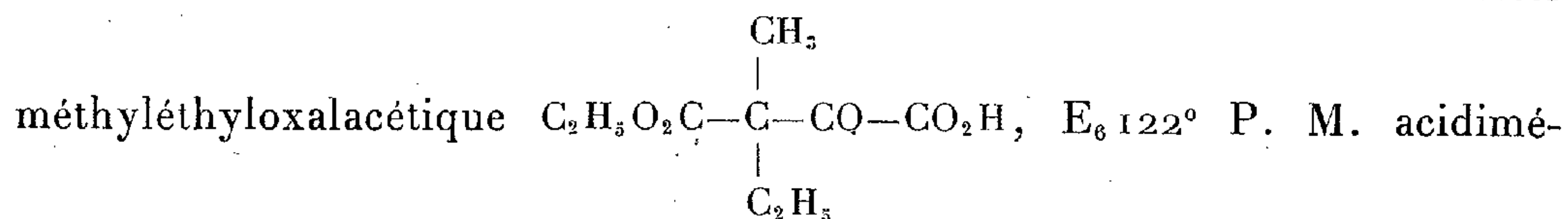
([2]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 253.
([3]) *Monatshefte f. Chem.*, **26**, 1905, p. 483-495.
([4]) *J. f. Prakt. Chem.*, **80**, 1909, p. 87-102.
([5]) *Biochem. Zeitsch.*, **67**, 1914, p. 33-45.
([6]) *Ann. Chem.*, **555**, 1943, p. 41-56.
([7]) *Helv. Chem. Acta*, **33**, 1950, p. 116-130.
([8]) *Ann. de Chimie*, **12**, 1947, p. 84-127.
([9]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 980.
([10]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 849.

Nous introduisons dans un ballon de 50 cm^3 à fond rond, 10 cm^3 d'ester oxalacétique, 20 cm^3 d'acide acétique glacial, 10 cm^3 d'une solution aqueuse à 40 % d'acide bromhydrique et un grain de pierre ponce. Le ballon est surmonté d'une petite colonne de Vigreux de 10 cm de long, d'une tête de colonne munie d'un thermomètre et d'un réfrigérant descendant à la sortie duquel nous recueillons le distillat. Nous chauffons au bain d'huile à 110-115° et dans ces conditions nous recueillons d'abord quelques gouttes de bromure d'éthyle puis un mélange d'acétate d'éthyle et d'eau E = 70°4. Nous maintenons le chauffage jusqu'à ce qu'il ne distille plus d'acétate d'éthyle et éliminons ainsi d'une façon continue pratiquement tout l'alcool estérifié; la décarboxylation s'effectue simultanément dans le ballon. L'opération dure environ deux heures pour les esters oxalacétiques β-monosubstitués, elle peut se prolonger six heures et même davantage pour les esters oxalacétiques β-disubstitués. Il suffit ensuite de distiller lentement sans augmenter la température du bain d'huile et, en s'aidant d'un vide modéré (100 mm de Hg environ) tout l'acide acétique et l'acide bromhydrique en excès. Finalement en écartant la colonne de Vigreux et en poussant le vide on recueille directement l'acide α-cétonique qui distille avec des rendements pouvant atteindre 80 %.

Nos essais sont résumés dans le tableau ci-dessous :

		Ester oxalacétique (I).	Acide α-cétonique (II).	Éb.	P. F.	P. M. Acid.	P. M. Théor.
		g	g %	°	°		
$R = H$;	$R' = C_3H_7$....	10	2 = 35	E_{14} 91	8	132,2	130
$R = H$;	$R' = C_6H_{13}$...	10	5 = 79	E_4 97	39,5	171,5	172
$R = CH_3$;	$R' = CH_3$.....	12	3,5 = 55	E_{15} 74	30	117,1	116
$R = CH_3$;	$R' = C_2H_5$....	10	3 = 53	E_5 60	30	132,1	130
$R = C_2H_5$;	$R' = C_2H_5$....	10	0,5 = 8,5	E_6 74	liq.	145,3	144

Tous les acides α-cétoniques ainsi isolés donnent avec le perchlorure de fer en solution alcoolique une intense coloration verte. Nous remarquons que l'hydrolyse et la décarboxylation des esters oxalacétiques β-disubstitués deviennent de plus en plus pénibles quand l'encombrement des substituants augmente. En réduisant la durée de chauffage de l'ester oxalacétique avant distillation nous avons réussi à isoler intermédiairement le semi-ester


méthyléthyloxalacétique $C_2H_5O_2C-C(CH_3)(C_2H_5)-CO-CO_2H$, E_6 122° P. M. acidimétrique 204; calculé 202; N_D^{19} 1,4670, D_4^{19} 1,1282; R. M. trouvé 47, 43; calculé 47, 12; 3,5 g de cet ester soumis à une nouvelle hydrolyse fournissent 1 g d'acide α-cétonique correspondant. Il suffit donc d'augmenter la durée de chauffage pour obtenir directement les acides α-cétoniques β-substitués, ce qui confirme les travaux de Mebus, Rasow et Bauer, de Neuberg et Peterson. A notre connaissance l'acide diéthylpyruvique que nous avons ainsi préparé, n'a pas encore été isolé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action comparée de l'acide periodique sur les sucres stéréoisomères.* Note de MM. **Paul Fleury, Jean Courtois** et **Albert Bieder**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans des conditions amenant un ralentissement de la vitesse d'oxydation (milieu fortement acétique ou alcoolique), l'acide periodique peut être utilisé pour différencier les aldohexoses et hexitols stéréoisomères, car la vitesse d'oxydation augmente avec le nombre de groupements α-glycol-*cis*. Ce fait établit une nouvelle similitude avec le tétracétate de plomb car, en milieu acétique, ces deux réactifs se comportent ainsi d'une façon qualitativement semblable.

L'action oxydante sélective de l'acide periodique sur les composés organiques présente avec celle du tétracétate de plomb une très grande ressemblance. Dans un récent rapport sur ce sujet (1) nous avons cherché à marquer les différences qui séparent le comportement de ces deux réactifs; mais cette détermination nous a été rendue très difficile parce que, bien souvent, nous ne pouvions faire état, pour nos comparaisons, que d'essais effectués par des auteurs utilisant exclusivement l'un des deux réactifs et dans des conditions opératoires très dissemblables. En particulier, il nous est apparu que des expériences complémentaires étaient indispensables sur l'activité comparée des deux oxydants vis-à-vis des composés comportant des fonctions α-glycol stéréoisomères (isomérie *cis-trans*) : dans ce cas, en effet, le tétracétate de plomb paraît attaquer bien plus rapidement les isomères *cis* que les *trans*, tandis qu'aucune conclusion générale bien nette ne paraît se dégager des expériences publiées dans ce sens avec l'acide periodique.

Nous avons tenté de combler partiellement cette lacune : nous avons fait réagir parallèlement dans un bain d'eau glacée (3 à 4°) l'acide periodique ou le tétracétate de plomb sur trois aldohexoses : glucose, mannose et galactose, et également deux hexitols voisins : mannitol et sorbitol.

Dans un milieu constitué par l'acide acétique anhydre et dans un milieu aqueux contenant 50 % en volume d'acide acétique, les deux oxydants, à 3-4°, se sont comportés qualitativement d'une façon identique. Les stéréoisomères sont attaqués d'autant plus rapidement qu'ils possèdent un plus grand nombre de groupements glycol en *cis*; c'est ainsi que le mannitol avec ses deux groupements *cis* est attaqué plus rapidement que le sorbitol qui ne présente qu'un groupement *cis*.

Dans les deux cas, les hexitols sont oxydés plus rapidement que les aldohexoses, mais ces derniers le sont eux-mêmes à des vitesses inégales; le mannose et le galactose qui, sous forme pyrannique, présentent tous les

(1) P. Fleury et J. Courtois, *Rapports du VIIIe Conseil de Chimie Solvay*, Stoops, éditeur, Bruxelles, 1950, p. 279-360.

deux un groupement *cis*, sont attaqués à des vitesses voisines, en 2 mn, pour une molécule d'hexose, 0,65 mol d'IO_4H pour le mannose et 0,5 pour le galactose; par contre, le glucose qui n'a pas de groupement *cis* est attaqué bien plus lentement (0,3 mol d'IO_4H).

Ces faits confirment la théorie de Criegee (²). Celui-ci admet que le premier stade de la réaction est la combinaison de l'un ou l'autre des deux oxydants au groupement fonctionnel α-glycol, combinaison qui se fait plus aisément quand les deux hydroxyles sont situés dans le même plan.

Nos expériences en milieu acétique nous permettent donc de conclure que, dans des conditions comparables, le comportement de l'acide periodique vis-à-vis des stéréoisomères est semblable à celui du tétracétate de plomb. Si cette propriété avait jusqu'ici été difficile à observer c'est, probablement, parce que les expériences avec l'acide periodique étaient presque constamment exécutées en milieu aqueux, à la température ordinaire. En effet, l'emploi de l'acide acétique a pour résultat de ralentir très fortement la vitesse de la réaction et il semble que ce soit ce ralentissement qui constitue la cause principale des résultats observés. En effet, nous avons pu amener un ralentissement analogue en remplaçant l'acide acétique par un alcool (méthylique, éthylique, propylique). Or, des essais à 3-4° dans l'éthanol à 70 % ont permis d'obtenir des résultats identiques, qualitativement, à ceux relevés en milieu acétique avec les mêmes corps. Les écarts entre stéréoisomères *cis* et *trans* sont même plus accentués (en 10 mn, pour une molécule d'hexose, 0,08 mol d'IO_4H pour le glucose, 0,44 pour le mannose et 0,30 pour le galactose).

Notons d'ailleurs, qu'en milieu exclusivement aqueux, mais en opérant à 3-4°, il est possible d'observer, dans les premières minutes de la réaction, les différences caractéristiques que nous signalons entre les stéréoisomères, mais atténuées.

Enfin, si au lieu d'opérer en milieu acide (pH 1,6), nous travaillons au voisinage de la neutralité (pH 6,5 en milieu phosphatique), la vitesse d'oxydation, à 3-4°, de chacun des trois oses est, au voisinage du début, modifiée différemment : celle du mannose est très accélérée (2 mn : 3,89 mol IO_4H consommé P. I.), tandis que celles du glucose et du galactose deviennent voisines (glucose : 1,77 mol P. I.; galactose : 1,80 mol P.I.).

Notre hypothèse permet également d'interpréter ce fait en admettant qu'en milieu acide les oses réagissent surtout sous forme pyrannique et, en milieu neutre, sous forme linéaire. Cette décyclisation a pour résultat, en effet, de faire apparaître un nouveau groupement *cis* pour le mannose tandis que les autres n'en présentent à ce dernier état qu'un seul.

(²) R. Criegee, *Sitzungsber. Gesell. Naturwissen. Marburg*, 69, 1934, p. 25.

Si nos résultats étaient généralisés, l'utilisation pour l'acide periodique de milieux fortement alcooliques nous fournirait un moyen commode pour distinguer, par une étude comparative, les isomères *cis* et *trans* dans la série des sucres.

GÉOLOGIE. — *Existence du faciès purbeckien sur le Causse Méjean dans la région de La Parade (Lozère).* Note de M. **Pierre Donze**, transmise par M. Maurice Gignoux.

La présence d'un faciès purbeckien typique indique qu'une émersion s'est produite au Portlandien dans la région de La Parade; tandis que les dernières assises du Causse se sont déposées dans une mer en transgression.

A 500 m environ au Nord du hameau de La Borie, la route de Meyrueis à Sainte-Énimie traverse les formations portlandiennes affectées d'un pendage N faible. En ce point, il est possible de relever une coupe d'un grand intérêt pour l'étude du Jurassique supérieur de la région. On note successivement de bas en haut :

1° Bancs de calcaire gris clair pseudoolithique avec Miliolidés.

2° Calcaire dolomitique gris contenant des Gyrogonites de *Chara*.

3° Calcaire dolomitique passant latéralement à une dolomie pulvérulente.

4° Calcaire compact à petits cailloux noirs.

5° Calcaire gris avec tiges et Gyrogonites de *Chara*, Ostracodes et petits Gastropodes. A la base, on observe de gros cailloux sapropéliens bleu-noir et marron constituant parfois de véritables blocs.

6° Brèche calcaire et marnes vertes.

7° Calcaire sublithographique à Gyrogonites de *Chara* et petits cailloux noirs.

8° Calcaire marneux en plaquettes. En certains points, ces calcaires sont fossilifères et fournissent une faune saumâtre.

9° Alternance de bancs calcaires compacts, pseudoolithiques, oolithiques ou dolomitiques, avec Miliolidés, Textularidés, *Pseudocyclammina* sp., *Coprolithus salevensis* Paréjas et *Clypeina jurassica* Favre. Cette dernière formation, dont l'épaisseur est d'environ 20 m, constitue l'ultime assise du Causse Méjean.

Ainsi, sur une épaisseur totale approximative de 2 m, la coupe précédente met en évidence la présence d'un véritable faciès purbeckien tel qu'on le connaît dans le Jura méridional, la Basse-Provence et la région de Nice. L'émersion se manifeste dès le niveau 2 par les habituels calcaires lacustres à *Chara*, les marnes vertes, les brèches à cailloux noirs et à cailloux multicolores, tandis que la formation 9 marque le retour au régime marin franc.

Quant à préciser d'une manière exacte, à l'intérieur du Portlandien, la date de l'émersion, il ne peut en être question tant que l'étude de la macrofaune saumâtre et celle de la microfaune n'auront pas été achevées.

GÉOLOGIE. — *De l'existence de deux phases prairiales tardi-glaciaires et de l'influence de l'altitude dans les domaines paléosilvatiques des Alpes françaises.* Note de M[lle] **Jeanne Becker**, transmise par M. Pierre Pruvost.

L'étude palynologique des tourbes flandriennes recueillies dans une centaine de sondages étagés entre 233 et 2 460 m, du Lac Léman aux versants Sud de l'Ubaye, me permet de préciser les premiers stades de l'évolution forestière dans les deux domaines définis précédemment (¹). Il m'a été possible de distinguer :

1. Tardiglaciaire. — 1° *Phase prairiale à Artemisia-Helianthemum-Graminées*, auxquels s'ajoutent en proportions plus faibles Chénopodiacées, Caryophyllacées et localement *Hippophaë rhamnoides*. Au Tardiglaciaire cette végétation a conquis les étendues laissées libres par le retrait wurmien; elle semble contemporaine de la toundra ancienne à *Dryas* nordique et vraisemblablement du stade de Buhl-Vizille (vers —11500 à — 10 000). Cette phase a été reconnue à la base de quelques sondages dans des dépôts purement marneux.

2° *Phase subarctique du Bouleau et du Pin*, caractérisée par une augmentation brusque des pollens silvatiques. L'extension de la forêt s'est faite en deux étapes, avec prédominance du Bouleau d'abord suivie par le règne incontesté des Pins. A côté de quelques rares pollens de Chêne, de Coudrier et d'Aulne, les plantes herbacées ne jouent plus qu'un rôle subordonné pendant cette phase qui correspond à l'Alleröd (vers — 10 000 à — 9 000). La sédimentation a subi un changement notable : elle a été assurée par les nombreux organismes vivant dans les lacs, ce qui a conduit à la formation de craie lacustre contenant des substances humiques en proportions variables.

3° *Phase de recul de la forêt*, liée à un nouveau développement des formations prairiales à *Artemisia* et Graminées et à une diminution des fréquences polliniques des Pins et du Bouleau. La forêt est devenue moins dense pendant cette période qui me paraît correspondre à la toundra récente à *Dryas* nordique et au stade de Gschnitz (vers — 9 000 à — 8 500).

L'existence de ces trois phases qui sont un reflet des changements survenus dans le climat du Tardiglaciaire confirme qu'à la fin du Wurm des Alpes françaises, tout comme en d'autres points du massif alpin,

(¹) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1331.

il y eut plusieurs stades de réavancée glaciaire séparés par des retraits notables.

2. Postglaciaire. — Durant la *phase* 4, *Pin-Bouleau* (vers — 8 500 à — 6 500), les Pins prédominants sont accompagnés de Bouleau qui marque une poussée après le déclin de l'*Artemisia*. A la fin de cette phase s'établit une différenciation double : en latitude, déjà décrite ([2]), et en altitude.

A. Dans le domaine Nord, cette dernière se traduit au-dessus de 800 m par un pourcentage de Pins assez élevé dans la phase de la Chênaie mixte; le Hêtre ne se développe guère durant la phase du Sapin au cours de laquelle l'Épicéa demeure discret pour devenir prédominant dans la phase terminale. Dans ce même domaine, au-dessous de 800 m, l'histoire forestière reste proche de celle de type classique et se termine par une forêt diversifiée notamment avec Noyer et Châtaignier.

B. Dans le domaine Sud où, ainsi qu'il a été dit, la prédominance des Pins reste constante, les tourbières n'existent qu'au-dessus de 800 m.

La limite altitudinale de 800 m reste donc en fin de compte un élément important de la différenciation des faciès palynologiques dans les Alpes françaises.

GÉOLOGIE. — *La couverture mésozoïque du Massif cristallin à l'Est du Pelvoux.* Note de M. **Paul Gidon**, transmise par M. Léon Moret.

Cette couverture est surtout remarquable par la présence de grès grossiers à faciès « Verrucano » à la base du Trias et de brèches intraformationnelles dans les calcaires du même âge qui les recouvrent, autrefois attribuées au Lias bréchique.

La couverture mésozoïque du massif du Pelvoux montre des particularités intéressantes dans la région du lac de l'Eychauda, d'où l'on peut atteindre, soit le véritable mésozoïque autochtone, grâce à la fenêtre percée dans l' « écaille de l'Eychauda » ([1]), soit le Secondaire sous-jacent à la « zone du Flysch des Aiguilles d'Arves » (roc et col de Montagnole, vallon du Tabuc).

Sans entrer dans le détail, qui trouvera place ailleurs, de la stratigraphie du Trias, notons que cet étage débute par des grès grossiers, conglomératiques et quartziteux, parfois riches en éléments verts et rouges, provenant du massif du Pelvoux et à aspect de « Verrucano ».

C'est donc au Trias que doivent être attribués les énormes blocs du fond du vallon du Grand Tabuc, dont M. Gignoux et L. Moret ([2]) faisaient

---

([2]) *Loc. cit.*, p. 1331.

([1]) P. Gidon et J. Debelmas, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 495.

([2]) *Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble*, 22, 1938, p. 47.

du verrucano. Remarquons que plus au Sud (Synclinal d'Ailefroide), on trouve de vrais quartzites d'une blancheur parfaite.

Un deuxième caractère qui ne surprend guère est l'absence pratiquement totale des gypses et presque totale des cargneules. Les raisons en sont évidemment tectoniques ([3]). Comme les schistes sont, eux aussi, très rares, ce sont les calcaires et dolomies qui reposent sur les grès. A leur sujet, il faut remarquer la fréquence des brèches intraformationnelles, qui en constituent de beaucoup l'élément dominant.

La présence de ces brèches triasiques considérées par P. Termier comme des « brèches du Télégraphe », alors réputées liasiques, a abouti à une cartographie qui interprète la région d'une façon totalement erronée, notamment aux crètes de l'Yret et autour du dôme de Monetier.

Le Trias se termine uniformément par des calcaires noirs, largement spathiques et d'aspect moiré.

Le Lias nous a montré l'an dernier un aspect très néritique ([4]). J'en ai repris l'étude cette année et j'ai pu constater qu'en allant de l'Est (lac de l'Eychauda) à l'Ouest (pic de la Feste), ce Lias d'abord calcaire mais un peu quartziteux passe progressivement à des grès et à des quartzites à patine rouille très semblables à ceux du Trias. Ces dépôts sont comparables à la fois aux « grès singuliers » décrits par E. Ritter ([5]) au col des Fours et aux grès quartziteux qu'ont fait connaître H. Schœller ([6]) à la Pointe des Fours et Ed. Paréjas ([7]) dans le Synclinal de Chamonix et au Mont Joly.

On sait maintenant que, contrairement à l'opinion de Ritter, les grès singuliers ne sont pas Rhétiens, mais sont probablement liés au Lias moyen, de même les grès quartziteux de H. Schœller et Ed. Paréjas se rencontrent dans le Lias schisteux. Dans la « fenêtre de l'Eychauda », on peut noter que les calcaires à Bélemnites et Pentacrines existent seuls au voisinage du lac, à la langue du glacier. Les grès et quartzites apparaissent en intercalations à la partie supérieure des calcaires 500 m plus à l'Ouest, un peu à l'Est et au-dessous du point 3039 I. G. N. de la crête des Grangettes. Ils y sont surmontés d'un calcaire très semblable à celui de la base et contenant aussi des Bélemnites. Enfin, 1500 m plus loin vers le Sud-Ouest, au pic de la Feste, le sommet du Lias a disparu par érosion, mais ce sont les quartzites et non plus des calcaires qui reposent sur les calcaires noirs moirés du sommet du Trias.

([3]) M. GIGNOUX et L. MORET, *Géologie Dauphinoise*, p. 75, *fig.* 10.

([4]) P. GIDON et J. DEBELMAS, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 495.

([5]) *Bull. Serv. Carte Géologique de France*, n° **60**, **9**, 1897; M. GIGNOUX et L. MORET, *C. R. Som. Soc. Géol. France*, **14**, 1929, p. 17.

([6]) *Bull. Serv. Carte Géologique de France*, n° **175**, **33**, 1929.

([7]) *Eclogæ Geolog. Helvetiæ*, **19**, n° **2**, 1925, p. 420.

Ainsi les grès et quartzites qui se montrent à la base du Lias vers l'Ouest et près de son sommet à l'Est de la coupe, témoignent d'une lente régression, ultime résistance d'une crête vindélicienne condamnée à l'effondrement.

Sa disparition définitive dans le fond de l'avant-fosse alpine amène ensuite le dépôt d'épaisses couches de schistes noirs, dont un niveau, sous la crête des Grangettes, m'a fourni quelques Ammonites. Leur détermination permettra peut-être de planter un nouveau jalon dans la stratigraphie encore si mal connue de ces « Terres noires ».

PHYSIQUE DU GLOBE. — *L'absorption du rayonnement solaire ultraviolet et la température de la haute atmosphère vers* 100 km *d'altitude*. Note (*) de M. **Junior Gauzit**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'énergie cinétique moyenne que possèdent les atomes d'oxygène dans la haute atmosphère, au moment de leur création par photodissociation des molécules, correspond à une température élevée, qui croît de 800 à 3800° K environ entre 90 et 130 km.

Il est possible de préciser les conditions dans lesquelles des atomes possédant une grande énergie cinétique sont créés, comme je l'ai montré [1], pendant le jour, dans la haute atmosphère, par dissociation photochimique des molécules d'oxygène.

Cette dissociation a été étudiée par différents auteurs, en particulier par R. Penndorf [2]. Bien que plusieurs facteurs, qui interviennent dans ce problème, soient encore mal connus, il semble que les résultats de Penndorf correspondent sensiblement à la réalité. On peut en déduire l'épaisseur d'oxygène moléculaire, ramenée aux conditions normales, qui se trouve dans la haute atmosphère au-dessus de diverses altitudes comprises entre 90 et 130 km et ensuite l'absorption exercée à ces altitudes sur le rayonnement solaire incident. J'ai fait le calcul pour le cas que Penndorf désigne, dans son Mémoire, par la lettre (*c*) et dans lequel il admet notamment que le Soleil est au zénith du lieu considéré et rayonne comme un corps noir de température égale à 5 500° K. Comme Penndorf, pour des raisons de commodité, j'ai divisé l'atmosphère supérieure en tranches de 5 km d'épaisseur et, d'autre part, j'ai considéré, pour les longueurs d'onde comprises entre 1750 Å et 1200 Å, des intervalles spectraux larges de 50 Å, dans lesquels j'ai admis

(*) Séance du 22 octobre 1951.

(1) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 134; *Ann. Géophys.*, 1, 1945, p. 233 ou *Publications de l'Observatoire de Lyon*, 4, n° 15.

(2) *J. Geophys. Res.*, 54, 1949, p. 7.

une valeur moyenne pour le coefficient d'absorption de l'oxygène moléculaire.

Chaque molécule d'oxygène absorbant un quantum de fréquence ν se dissocie en donnant deux atomes possédant chacun une énergie cinétique égale à $1/2(h\nu - h\nu_0)$, ν_0 étant la fréquence du début de la bande de Schumann-Runge. D'après les calculs précédents, on peut évaluer l'énergie cinétique moyenne cédée, à chaque altitude, aux atomes d'oxygène au moment de leur création par photodissociation, ou encore la température moyenne qui correspond à cette énergie cinétique. Cette température est celle qui s'établirait dans chaque couche élémentaire de la haute atmosphère s'il n'existait aucun autre effet produisant un gain ou une perte de chaleur. Le résultat des calculs est surprenant : on obtient une température de 800° K environ entre 90 et 95 km d'altitude et un accroissement rapide jusqu'à 3 800° K vers 130 km. Puisque les températures régnant effectivement à ces altitudes sont, selon toute vraisemblance, beaucoup plus faibles, nous mettons en évidence la perte importante de chaleur (par rayonnement, conduction ou convection), qui se produit dans ces régions de la haute atmosphère.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Enregistrement des atmosphériques à bord du « Commandant Charcot », Campagne* 1950-1951. Note (*) de MM. **Robert Bureau** et **Jean-Jacques Vaury**, présentée par M. Pierre Lejay.

La 3e campagne antarctique (1950-1951) du *Commandant Charcot* (1) a été suivie d'une croisière à travers le Pacifique. Cette croisière autour du monde a permis d'intéressantes remarques sur la localisation des parasites atmosphériques dans des régions jusque-là rarement étudiées.

La croisière 1950-1951 du *Commandant Charcot* a comporté les étapes suivantes :

Octobre 1950 : Brest, Alger, Port-Saïd, Djibouti;

Novembre 1950 : Djibouti, Diego-Suarez, Fremantle;

Décembre 1950 : Fremantle, Hobart, Terre Adélie;

Janvier-février 1951 : Croisière devant la Terre Adélie et retour à Hobart;

Mars 1951 : Hobart, Melbourne, Nouméa, Papeete;

Avril 1951 : Papeete, Clipperton, Panama;

Mai 1951 : Panama, Fort de France, Brest.

Les enregistreurs étaient les mêmes qu'au cours de la croisière précé-

(*) Séance du 22 octobre 1951.

(1) Pour les deux premières, *voir* R. Bureau et M. Barre, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 525; **231**, 1950, p. 975.

dente (enregistreurs du niveau moyen et goniomètre cathodique). Voici quelques résultats que nous en avons tirés.

1. *Foyers continentaux africains.* — De Port-Saïd à Djibouti et à Diego-Suarez (octobre et novembre 1950), les sources ont été goniométrées presque toutes à l'Ouest, le jour et la nuit, et ont confirmé la prédominence des foyers continentaux africains; elles concorderaient avec des foyers en Abyssinie et en Afrique centrale.

Dans l'Océan Indien, les sources nocturnes attribuables au foyer africain (dans le cas présent il s'agirait vraisemblablement du foyer centre africain) ont été très marquées jusqu'au voisinage immédiat de l'Australie; elles semblent jouer le rôle de deuxième foyer nocturne qui revient en Europe et en Afrique du Nord-Ouest aux foyers américains.

2. *Foyers continentaux américains.* — Ces foyers se sont retrouvés en hiver et se sont localisés au Brésil et peut-être aussi à l'Équateur.

3. *Pacifique occidental.* — Sa traversée a permis de recueillir, dans une région jusqu'ici rarement explorée en ce qui concerne les atmosphériques, une documentation d'où nous extrayons les résultats ci-après :

a. Toute la partie occidentale du Pacifique comprise entre les côtes d'Asie et d'Australie d'une part, et approximativement le méridien 120° Ouest d'autre part, a paru agir comme une immense source diffuse d'atmosphériques, la répartition de ceux-ci étant à peu près uniforme dans les différents fuseaux de longitude.

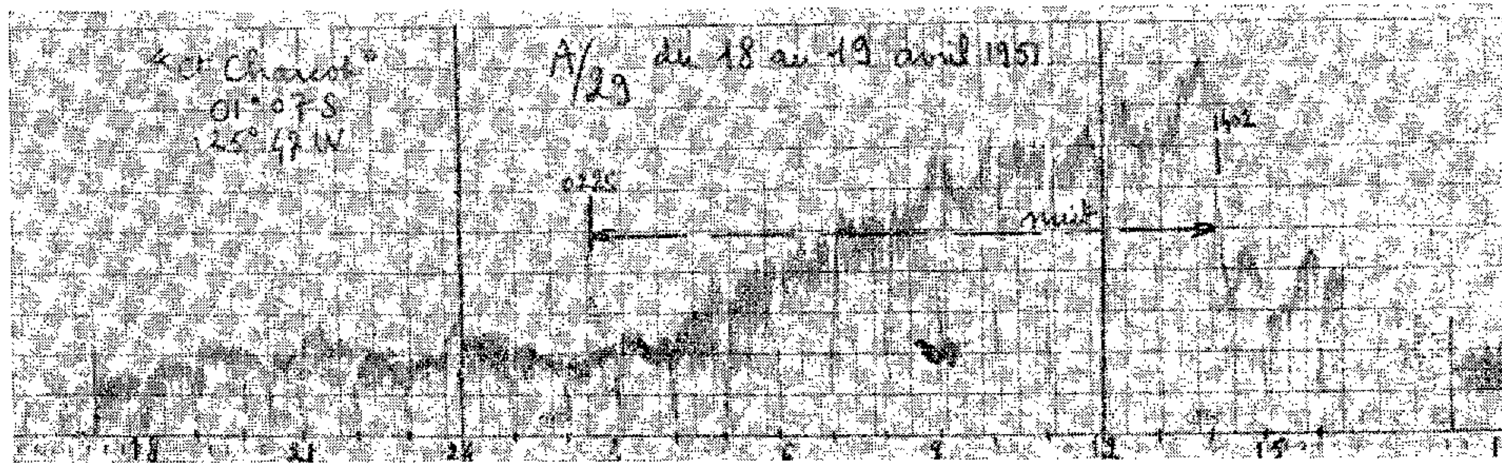
Ce fait a été mis en évidence par une série d'enregistrements de parasites effectués dans le Pacifique Central, à un moment où l'action des sources américaines ne se faisait pas encore sentir. Ces enregistrements ont été assez souvent caractérisés par une montée à peu près linéaire du niveau des parasites de nuit, débutant avec le coucher du Soleil (*figure*); nous attribuons cet effet au fait que la ligne d'ombre au coucher du Soleil franchissait successivement les différents archipels du Pacifique, qui agissaient comme autant de points de condensation des orages atmosphériques Cette explication trouve d'ailleurs une confirmation dans le fait que, lors du passage du *Commandant Charcot* dans ces zones d'archipels, des orages atmosphériques locaux ont été perçus à l'enregistreur d'atmosphériques et observés visuellement, de façon quasi permanente. Nous reproduisons ci-après un enregistrement type de cette montée linéaire (journée du 18 au 19 avril 1951, position 1° Sud, 126° Ouest) (*figure*).

Il est possible que cette allure régulière soit déformée certains jours par le passage d'une perturbation dynamique due au conflit des masses d'air.

b. L'heure où les atmosphériques présentent leur maximum d'activité sur les sources du Pacifique (qu'il s'agisse de convection due à la présence des archipels ou de véritables sources océaniques) semble se produire

souvent beaucoup plus tard que sur les foyers continentaux connus : ce maximum d'activité paraît avoir lieu vers 17 ou 18 h locales.

c. Des sources d'atmosphériques ont été décelées en Amérique du Nord. Elles étaient vraisemblablement situées à une latitude assez élevée, sans doute aux États-Unis. Ces sources se manifesteraient déjà à la fin du mois d'avril.



d. De Clipperton à Panama et à Fort-de-France, les courbes de niveau moyen ont présenté des variations quotidiennes tantôt calmes (relevant donc des foyers lointains), tantôt agitées (avec atténuation des minima du coucher et du lever du Soleil) et dues à des sources régionales dont la formation peut être attribuée à la fois à l'influence continentale et à l'influence dynamique (fronts froids).

4. *Influence des perturbations dynamiques de l'atmosphère.* — L'influence continentale ne saurait non plus expliquer, à elle seule, les niveaux très élevés, constatés à diverses reprises dans les ports de basse latitude et se modérant très rapidement lorsque le bâtiment reprend la mer; en effet, au cours de la troisième campagne, certains séjours dans les ports ont été marqués par des périodes de calme, même en plein été austral, alors qu'ils ont été précédés ou suivis d'atmosphériques violents en mer. (Exemple : séjour à Hobart, Fremantle.) Là aussi, l'influence dynamique peut jouer un rôle capital.

PALÉONTOLOGIE. — *Un Cirripède acrothoracique du Crétacé :* Rogerella lecointrei, *n. g., n. sp.* Note de Mlle **Roseline de Saint-Seine**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les Cirripèdes acrothoraciques ne semblent pas connus au Crétacé, ni actuellement sur les Echinides. L'auteur décrit un Acrothoracique creusant des loges dans des tests d'Echinides, du Cénomanien au Maëstrichtien.

De nombreux Échinides de la Craie présentent des perforations en virgule, s'ouvrant dans des loges creusées dans l'épaisseur du test. Ces loges sont droites ou arquées, effilées à une extrémité, arrondies à l'autre; leur

longueur varie de 0,5 à 3 mm environ. L'un ou les deux bords de l'ouverture sont parfois garnis de bourrelets partant de l'extrémité effilée et l'obstruant; ces bourrelets sont formés de lamelles calcaires irréguliè-



Fig. 1.



Fig. 2.

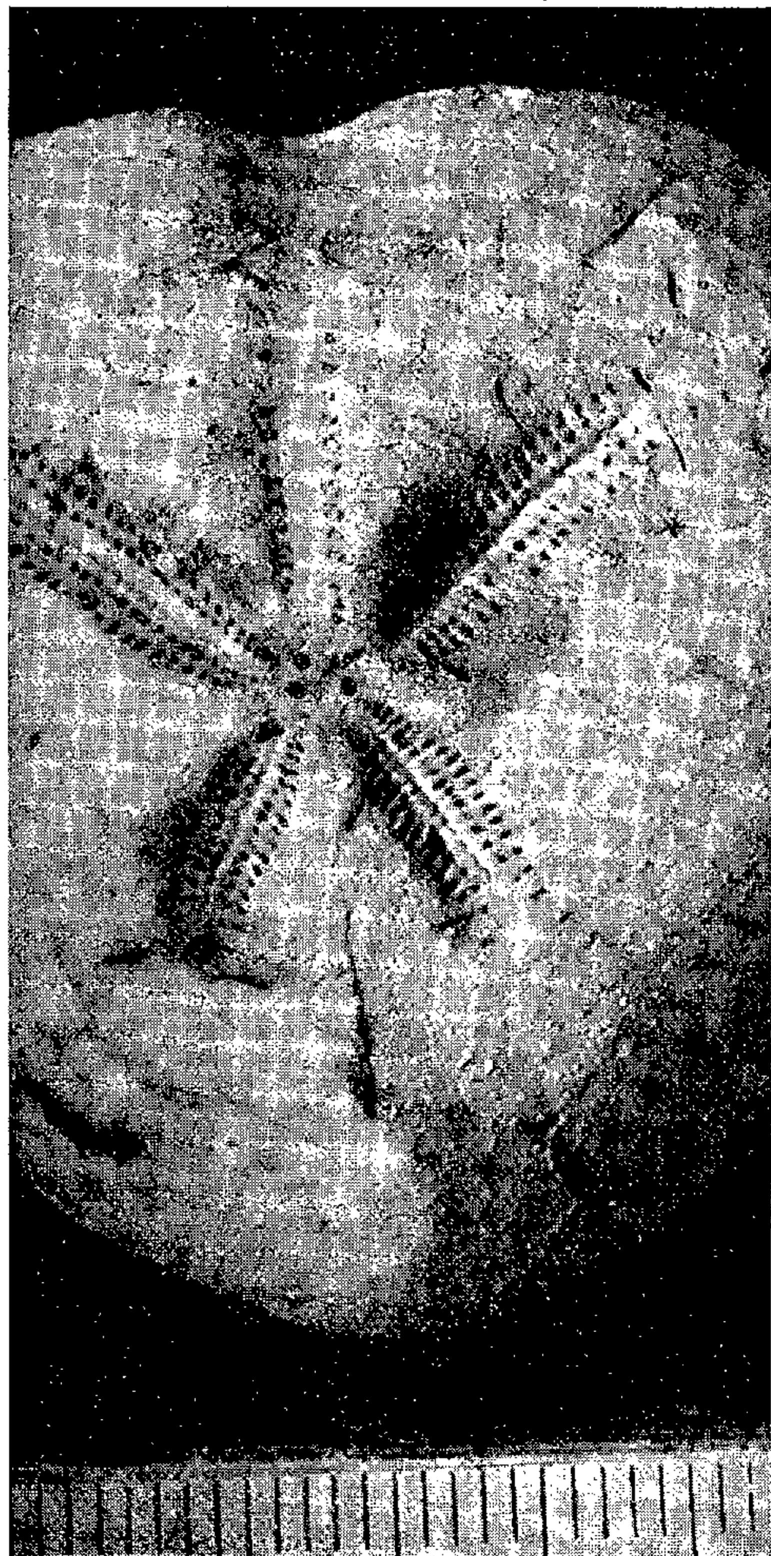


Fig. 3.

1. *Rogerella lecointrei* : holotype, gr. × 12 (Ch. cl.). — 2. *Rogerella lecointrei* : holotype et cotypes. Phot., gr. × 4. — 3. Loges de *Rogerella* sur *Micr. cortestudinarium* Gdf., de Criel (S. I.), Ec. Mines, coll. Morgan, n° 512-A; gr. × 2,4.

rement boursouflées, disposées obliquement, et paraissant représenter des stades de croissance; ils se prolongent à l'intérieur de la loge, lui constituant une paroi propre. Fragile et peu adhérente au test sous-jacent, leur partie externe manque le plus souvent.

L'étroite analogie de ces loges avec celles des *Trypetesa* (= *Alcippe*) et *Lithoglyptes* actuels ne permet pas de douter qu'elles fussent les habi-

tacles de Cirripèdes acrothoraciques. Je propose pour ces organismes le nom de *Rogerella lecointrei*, n. g., n. sp.

Diagnose du genre : *Cirripède acrothoracique creusant dans des tests d'Échinides des loges prolongées par un bourrelet externe simple ou double.*

Diagnose de l'espèce : celle du genre, jusqu'à division de celui-ci.

Génotype : sur *Micraster fastigiatus* Gauthier, du Sénonien de Muizon (Marne) (Fac. Sc. Paris, coll. Lambert, n° 1012).

Les *Rogerella* sont nombreuses sur les *Micraster, Echinocorys* et formes voisines. Leurs loges partent souvent des pores ambulacraires, où pouvaient s'abriter les larves avant de creuser leur habitacle propre; mais elles se disposent aussi, apparemment au hasard, sur les faces dorsales des tests et leurs parties saillantes : carènes, rostres, lèvres. Un même test peut en présenter une trentaine. On en trouve aussi sur *Holaster, Conulus, Discoidea,* etc. Rares chez les Réguliers, elles me paraissent toutefois causes de certaines perforations de tubercules de *Cidaridæ.*

Le genre, abondant dans tout le pourtour du Bassin anglo-parisien, du Cénomanien au Maëstrichtien compris, existait aussi dans les Charentes, en Provence, à Santander et à El Kantara.

Il paraît probable que les *Rogerella* s'établissaient, non sur Échinides vivants, mais sur tests vides. En effet, les plaques atteintes ne présentent aucune réaction; de plus, certaines loges de *Rogerella* ont traversé, avant d'atteindre l'Oursin, des valves inférieures de *Dimyodon* fixées sur celui-ci.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *A propos de la réversibilité des processus de vernalisation.* Note de M. **Robert Duperon**, présentée par M. Raoul Combes.

L'Orge carrée d'hiver manifeste un besoin absolu de vernalisation pour monter et épier, mais non pour former ses primordia floraux. En outre, un traitement par la chaleur consécutif à celui de vernalisation ne semble pas annihiler les effets du froid : l'existence du processus dit de « dévernalisation » paraît donc contestable.

La possibilité de « dévernaliser » par la chaleur une semence ou une jeune plante, préalablement vernalisée par le froid, est actuellement fort controversée. Un certain nombre d'auteurs, parmi lesquels Gregory et Purvis [1], Lang et Melchers [2], Efeikin [3], admettent, à la suite de leurs expériences, la réversibilité des processus de vernalisation sous l'influence d'une température élevée (30-35° pendant 5 à 7 jours). Par contre, la plupart des agrobiologistes russes, et notamment Avakian [4], critiquent

(1) *Vernalization and Photo periodism,* Waltham., Mass., U. S. A., 1948.

(2) *Z. Nat. Forsch.,* 2, 1947, p. 444-449.

(3) *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.,* 56, 1947, p. 95-97.

(4) *Agrobiologija S. S. S. R.,* n° 6, 1949, p. 41-49.

cette manière de voir : les résultats de leurs recherches les conduisent à penser que les modifications physico-chimiques entraînées par la vernalisation sont irréversibles et définitivement acquises pour le végétal : aucun traitement par la chaleur ne saurait alors supprimer les propriétés induites par l'influence du froid.

Avakian explique l'erreur d'interprétation des auteurs soutenant l'existence de la dévernalisation, de la façon suivante : dans les expériences d'Efeikin, par exemple, les sujets subissent l'action du froid pendant une période *trop courte*; ils sont incomplètement vernalisés. Or, pratiquement, ceci passe inaperçu car, semés au printemps, de tels sujets trouvent dans le milieu extérieur une température suffisamment basse (de l'ordre de 10° C) pour terminer leur cryophase.

Mais, et c'est là le point essentiel de la critique d'Avakian, dans les expériences de « dévernalisation », l'application d'une température élevée (30-35°) *consécutive* à un traitement par le froid *insuffisant*, supprime radicalement l'aptitude qu'a le sujet à achever *ultérieurement* son stade de vernalisation. Ainsi, la chaleur empêcherait l'achèvement d'une cryophase incomplètement réalisée, mais ne saurait annihiler les propriétés particulières d'un végétal pleinement vernalisé.

Telles sont les positions actuelles en face du problème de la dévernalisation.

En vue de dissiper l'incertitude qui pèse sur cette question, nous entreprenons une série d'expériences dont les premières, exposées ici, sont destinées à orienter les recherches ultérieures.

Expériences menées avec l'Orge carrée d'hiver. — Des semences d'Orge carrée d'hiver sont vernalisées à la température de + 2° C. Pour éviter l'objection majeure de la critique d'Avakian, l'action du froid artificiel a été maintenue pendant 50 jours, soit durant une période deux fois plus longue que celle habituellement considérée comme suffisante pour la vernalisation des céréales d'hiver (3 à 4 semaines). Dans ces conditions, nous pensons avoir obtenu des semences pleinement vernalisées.

Les graines ainsi traitées sont alors semées en pots :

Une première série de pots est conservée pendant 6 jours dans une étuve vitrée, exposée à la lumière naturelle, et réglée à une température de + 20° C (lot I).

Une deuxième série de pots est placée dans des conditions semblables, mais à une température de + 32° C (lot II).

Ces deux séries comprennent donc les sujets subissant le traitement de « dévernalisation » par la chaleur; l'une à une température douce + 20° C, l'autre à une température plus élevée + 32° C.

Une troisième série de pots, contenant des semences vernalisées, est soumise aux mêmes conditions d'éclairement que les précédentes, pendant

le même laps de temps, mais à une température moyenne de 14-16° C. Ce sont les sujets vernalisés non traités par la chaleur (lot III).

Enfin, des semences témoins (graines non vernalisées), germant en pot, sont abandonnées dans des conditions semblables à celles du lot III (lumière naturelle diffuse, température 14-16°) pendant une durée égale (lot IV).

Le 26 avril, les sujets de toutes les séries sont transplantés en pleine terre à Meudon (Seine-et-Oise). Au moment de cette opération, les sujets traités par la chaleur (lots I et II) présentaient une taille (10 à 15 cm) plus élevée que celle des sujets vernalisés (III) et témoins (IV) (5 à 8 cm).

A partir de cette date, tous les végétaux se sont développés dans des conditions normales. Des observations fréquentes, accompagnées de dissection sous le microscope, nous ont permis de relever les faits suivants :

a. Les sujets du lot IV (témoins non vernalisés) demeurent acaules et stériles pendant toute la saison (26 avril-1er octobre). Ils présentent un tallage considérable et prennent un aspect touffu. Cependant, les dissections montrent, dès juillet, la présence d'ébauches d'épis. Mais ces dernières ne peuvent se développer en épis normaux.

Ainsi, l'influence des basses températures ne semble pas indispensable au passage de la phase végétative à la phase de reproduction, mais plutôt à la « montée » et au développement des ébauches en épis.

b. Les sujets des lots III (vernalisés) et des lots I et II (vernalisés, puis traités par la chaleur), *épient ensemble* vers le 30 juin. Dans les trois séries, les épis sont normaux et la maturation des graines a lieu dans la première quinzaine d'août. De ces quelques faits il ressort qu'un traitement par la chaleur, consécutif à une *vernalisation longue* (et complète), ne semble pas annihiler, même partiellement, les effets du froid.

L'existence du processus dit de « dévernalisation » nous paraît donc contestable.

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Influence de l'anoxie sur la caryocinèse dans la cellule végétale.* Note de Mlle **Pierrette Lamardelle**, transmise par M. Robert Courrier.

Dans les méristèmes de *Triticum vulgare*, la privation d'oxygène produit des anomalies de la caryocinèse comparables à celles habituellement rencontrées sous l'influence de divers agents physiques et chimiques.

Nos précédentes recherches sur l'accumulation de stades préprophasiques dans les méristèmes radiculaires de *Triticum vulgare*, soumis à l'action de divers toxiques [1], nous ont amenée à étudier, dans les mêmes conditions,

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1540.

l'action d'une anoxie relative et à observer l'influence exercée par cet agent sur la caryocinèse.

Nous avons effectué nos expériences : 1° sur des racines de *Triticum vulgare* (var. Vilmorin 27) de 3 à 4 cm de longueur; 2° sur des grains de *Triticum vulgare*, gonflés 24 h puis germés durant le même temps en boîtes de Petri. Les deux lots, placés sur du papier filtre humide, ont été maintenus en vase clos dans des milieux appauvris en oxygène ainsi réalisés :

1° couche épaisse d'eau distillée bouillie;

2° atmosphère d'azote ou d'hydrogène (bouteilles du commerce; purification avant l'expérience);

3° dépression (vide maximum étudié : vide de la trompe à eau = pression de 34 mm de mercure).

Les observations ont été faites, soit directement après écrasement au carmin acétique, soit après fixation au Bouin et coloration à l'hématoxyline ou au Feulgen-vert lumière.

I. Sous hydrogène et azote, sous pression de 34 mm et sous une couche d'eau, les résultats obtenus ont été comparables.

Radicules de 3 *à* 4 cm. — Nous avons observé : A. Un arrêt de la croissance, le temps de résistance à l'anoxie variant selon les traitements utilisés : racines tuées après séjour de 24 h dans l'hydrogène, 48 h dans l'eau bouillie, en atmosphère d'azote et sous pression de 34 mm.

B. Diverses anomalies de la caryocinèse, apparaissant en fonction du temps de traitement :

a. des tropocinèses à côté de cinèses bien orientées (dès 2 h dans le vide et 4 h dans l'azote);

b. une disparition progressive des cinèses normales;

c. une contraction considérable des chromatides, donnant les aspects cruciformes caractéristiques de la colchicine;

d. des stathmocinèses (avec conservation des fibres fusoriales);

e. une accumulation de stades préprophasiques.

Nous avons pu noter que, dans tous les cas étudiés, les fibres fusoriales souvent épaissies, quelquefois très dissociées, ne constituaient pas un fuseau cohérent, mais étaient toujours présentes. Les chromosomes étaient dispersés sur les fibres auxquelles ils restaient attachés et leurs mouvements n'étaient pas synchronisés. Nous avons observé occasionnellement quelques noyaux tétraploïdes, mais jamais de stathmocinèses itératives, puisque les préprophases étaient bloquées.

Embryons de 48 h. — Dans les mêmes conditions, les embryons ont résisté plus longtemps à la privation d'oxygène que les racines déjà développées : 36 h sous une pression de 34 mm de mercure, 3 jours dans l'eau bouillie, 4 jours en atmosphère d'hydrogène. Nous avons observé l'arrêt du développement accompagné au bout de 24 h d'un gonflement des

coléoptiles et des coléorhizes, ainsi que les mêmes anomalies de la caryocinèse que précédemment.

II. Au-dessus d'une pression de 80 mm de mercure, les embryons et les racines ont continué normalement leur croissance pendant plusieurs jours.

III. Sous une pression de 80 mm de mercure, nous avons noté un ralentissement du développement et, chez les embryons, un gonflement des coléoptiles et des coléorhizes; les gemmules et les radicules avaient atteint une longueur de 5 à 6 mm après 5 jours. A cette date, nous avons observé une diminution du nombre des cinèses, quelques tropocinèses, une légère contraction chromosomique, des stades préprophasiques.

Les résultats suivants découlent de cette série d'expériences :

1° Les embryons et les racines de *Triticum vulgare* résistent un certain temps à l'anoxie qui n'entrave pas complètement le déclenchement des mitoses.

2° L'anoxie, comme certains poisons respiratoires, provoque des anomalies de la caryocinèse. Dans une certaine mesure, les perturbations sont analogues à celles que l'on obtient par l'action d'agents chimiques et physiques très variés ([2]). On observe nettement une gradation des perturbations en fonction du degré de sévérité du traitement. Cette échelle est la même qu'avec beaucoup d'agents chimiques.

3° A un premier stade, l'action est la même puisque l'anoxie provoque des tropocinèses, mais, par la suite, nous observons une différence relative à la conservation du fuseau. L'absence des fibres fusoriales est indépendante des anomalies chromosomiques habituellement rencontrées avec les agents cinétoclasiques du type colchicine-acénaphtène.

4° Comme avec les agents chimiques précédemment étudiés, l'accumulation des stades préprophasiques est liée au blocage de la germination.

MORPHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Néoformation de fleurs imparfaites à partir des pièces florales du* Lilium candidum *L. cultivées aseptiquement; signification de l'inflorescence des Monocotylédones.* Note de M. **Pierre Gavaudan** et Mlle **Germaine Debraux**, transmise par M. Robert Courrier.

Production en culture aseptique de formes de transition entre les bulbilles végétatives et les fleurs.

La culture des pièces florales du *Lilium candidum* L. en milieu aseptique a permis d'observer une régénération de bulbilles à partir de tous les

([2]) P. Gavaudan, *Thèse de Pharmacie, Doctorat d'état,* Paris, 1945; H. Poussel, *Thèse de Doctorat ès Sciences,* Poitiers, 1950.

éléments floraux (1). Nous avons montré et nous confirmons : 1° que les écailles du bulbe, les feuilles et les bractées de l'inflorescence ne donnent que des bulbilles végétatives; 2° que les tépales et les étamines produisent, en outre, des bulbilles à pièces tépaloïdes.

Nous avons repris nos expériences cette année au début de mai. Des extrémités de jeunes hampes ont été mises en culture; les sommets ont périclité mais, au-dessous et latéralement, de nombreuses bulbilles végétatives se sont développées. D'autre part, nous avons fait de nouvelles observations sur les bulbilles nées de pièces florales adultes isolées sur divers milieux synthétiques. La production de matériel tépaloïde, dont les pièces les plus grandes pouvaient atteindre une longueur de 4 cm, a été exubérante. Les pièces étaient isolées ou groupées en bouquets plus ou moins importants, portés ou non par un court pédoncule; dans une même bulbille coexistaient souvent des pièces de morphologie très variée avec toutes les transitions entre la simple écaille à apex glabre et les pièces tépaloïdes, de forme caractéristique, à pilosité apicale très développée. Des pièces plus ou moins soudées ou même fasciées constituaient des ensembles difficilement analysables, formations anormales évoquant les ovaires ouverts, hypercarpiques et pétaloïdes de certaines Tulipes doubles; toutefois, leur anatomie était celle des tépales. Enfin, nous avons observé des formations encore plus proches de la structure florale normale, où le nombre des pièces se régularisait. La plus parfaite de ces formations comprenait trois écailles tépaloïdes externes, trois tépales internes, trois étamines et un ovaire rudimentaires.

Par ailleurs, nous avons suivi en serre l'évolution de hampes précocement amputées de leur sommet et n'ayant pas fleuri; sur certaines, nous avons observé en juillet un développement de bulbilles à l'aisselle de *chaque bractée*. Beal (2) a observé des phénomènes analogues chez le *L. philippinense* Baker (var. *formosarum*), sous l'influence de l'acide indolacétique; la production de bulbilles est constante chez le *L. bulbiferum* L. et le *L. tigrinum* Ker-Gawler; Worsdell (3) a signalé l'apparition de fleurs imparfaites à l'aisselle des bractées du *L. tigrinum* var. *Fortunei*; d'après cet auteur, la présence de formes de transition entre les simples écailles et les tépales et même les étamines indiquerait que les bulbilles des Liliacées ne sont que des fleurs modifiées dans le sens végétatif.

Il est possible de faire une synthèse des résultats expérimentaux et d'observation qui permette de comprendre la signification biologique de l'inflorescence et des fleurs des *Lilium*. Dans la croissance normale du

(1) P. Gavaudan et G. Debraux, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1542.
(2) *Bot. Gaz.*, 99, 1938, p. 881-911, *fig.*
(3) *The principles of plant teratology*, London, 1915, p. 160-163.

L. candidum, le développement de ces sortes de bourgeons axillaires que sont ici les bulbilles est « dominé » par celui du sommet floral. Dans les conditions expérimentales inhibant ou affaiblissant cette dominance, c'est-à-dire en l'absence des facteurs de floraison et dans des conditions végétatives convenables, des bulbilles axillaires sessiles de type végétatif peuvent apparaître. Dans nos cultures aseptiques de fragments détachés de la hampe florale, des bulbilles pédonculées asexuées ou sexuées sont apparues, mais les influences sexualisantes étaient insuffisantes pour produire des pièces à caractères tépaloïdes. Dans la nature, au contraire (cas cité par Worsdell pour *L. candidum flore pleno*), ainsi que dans nos cultures, des facteurs sexualisants plus puissants interviennent. Le développement des fleurs sur la hampe du *L. candidum* apparaît comme homologue de celui de bulbilles axillaires plus ou moins longuement pédonculées. Selon les conditions de l'équilibre hormonal et nutritionnel, il se forme des bourgeons axillaires ou de régénération évoluant vers le type végétatif ou le type sexué. La coexistence dans les mêmes bulbilles-fleurs de pièces à caractères intermédiaires entre ceux des phases asexuée et sexuée, prouve le caractère continu des influences morphogènes de la sexualité et les relations étroites entre systèmes foliaire et floral. Cette explication de l'inflorescence des *Lilium* s'accorde avec les faits connus de régression occasionnelle vers le type végétatif (inflorescence de l'*Agave attenueta* Salm. Dyck.) ou de transformation de pousses florifères, d'abord dressées, dont le géotropisme positif s'affaiblit quand le caractère végétatif domine le caractère sexué (*Chlorophytum elatum* Poir.). L'inflorescence et certaines pousses végétatives des Monocotylédones apparaissent donc comme des formations homologues dont le sens d'évolution dépend d'un équilibre hormonal relativement instable.

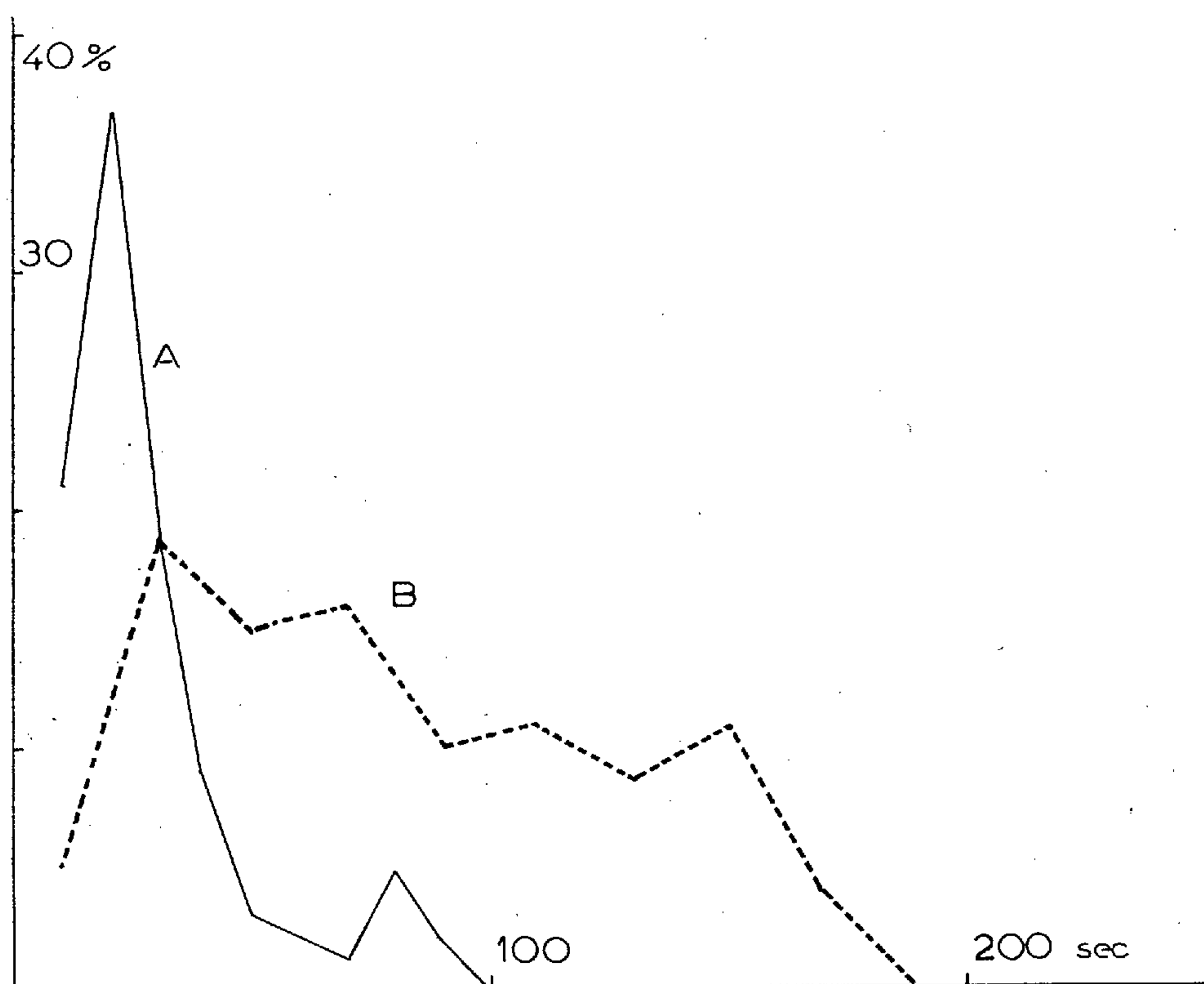
PHYSIOLOGIE. — *Sur une particularité de l'activité électrique du cortex chez le Lapin thyréoprive chronique*. Note de Mme **Denise Albe-Fessard**, MM. **Pierre Buser** et **Bruno Minz**, présentée par M. Robert Courrier.

La recherche de corrélations entre l'activité électrique du cortex et un déséquilibre humoral n'a donné lieu en général à des résultats nets que dans des cas de modifications aiguës (actions pharmacologiques transitoires, par exemple). Des variations de cette activité corticale sont plus rarement signalées dans le cas d'un trouble humoral chronique (endocrinien en particulier). C'est à ce second type de corrélation que nous sommes conduits à rattacher la susceptibilité accrue à l'excitation corticale observée par nous chez les lapins thyréoprives chroniques.

Aucun caractère particulier ne distingue l'activité électrique spontanée du cortex d'un Lapin thyréoprive de celle d'un animal normal. Par contre,

il apparaît de nettes différences lorsque, appliquant sur l'écorce une stimulation répétitive (trains de chocs de fréquence 15 : s et durant en tout 3 à 5 s) on compare l'allure et la durée des phénomènes « paroxystiques » ainsi déclenchés.

On sait qu'une telle stimulation rythmique est habituellement suivie chez le Lapin d'une modification profonde du tracé électrique cortical : aux oscillations irrégulières de repos se substituent des variations rythmiques de grande amplitude, d'allure parfois sinusoïdale ou plus souvent asymétrique, fréquemment généralisées à tout le cortex et accompagnées de contractions cloniques des membres ou des muscles masticateurs. Ce phénomène d'« hypersynchronie corticale » est l'homologue d'une crise d'épilepsie, considérée tout au moins dans sa phase clonique.



Statistique des fréquences des durées des accès paroxystiques qui suivent la stimulation répétitive du cortex chez les Lapins normaux (A) et thyréoprives (B).
Abscisses : durée des crises exprimée en secondes; *ordonnées :* effectif des crises.

Nos observations portent sur 200 crises au total, obtenues sur 12 animaux thyroïdectomisés (adultes thyréoprives depuis au moins un mois) et sur sept animaux normaux, considérés comme témoins. La majorité des lapins a subi, 2 h avant l'expérience, une transsection spinale haute, sous

anesthésie locale. De comparaisons avec des expériences sur lapins à névraxes intacts (dans un groupe comme dans l'autre), il ressort que ce procédé opératoire ne modifie pas l'ensemble des résultats. Les dérivations ont été effectuées sur le cortex mis à nu, la dure-mère étant réséquée.

Les caractéristiques de stimulation restant constantes, il est apparu entre les crises des deux groupes d'animaux (lapins normaux d'une part, thyréoprives de l'autre), un certain nombre de différences importantes. On peut caractériser un accès épileptique par sa durée et par la fréquence, l'amplitude et la forme des ondes qui le constituent : c'est le premier de ces caractères, durée des crises, qui nous est apparu comme l'élément de comparaison le plus frappant. La durée moyenne des crises est, chez le Lapin thyréoprive, plus longue que chez l'animal normal, et les animaux sans thyroïde sont seuls capables de donner des crises de très longue durée (250 à 300 s). L'examen des courbes statistiques de répartition des durées (*figure*) met nettement en évidence ces résultats : décalage de la valeur modale et plus grande dispersion de la courbe correspondant aux animaux thyréoprives.

En nous limitant à l'étude des durées de crise, nous n'épuisons pas toutefois les différences observables : certaines modifications de l'allure générale des tracés de crise, en particulier des augmentations périodiques de l'amplitude qui, chez les lapins thyréoprives suggèrent une évolution incrémentielle de l'activité, mériteraient une étude complémentaire.

La recherche du mécanisme de l'ensemble de ces modifications nous a amenés à effectuer de nouvelles expériences. Il est exclu, notons-le, d'attribuer le phénomène observé à une ablation accidentelle des parathyroïdes : la conservation de ces glandes paraît assurée et, de plus, le taux de calcium sanguin des animaux thyréoprives n'accuse aucune particularité. Pour essayer d'analyser l'action pure de la thyroïde, nous avons traité certains animaux de chaque groupe à la thyroxine (0,5 mg : kg sous-cutané et par jour de thyroxine synthétique) .Nous avons observé d'importants troubles métaboliques, mais nous n'avons pas encore réussi dans ces conditions à mettre en évidence de modifications nettes des réponses corticales.

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle de quelques facteurs enzymatiques dans le métabolisme perturbé de l'alcool éthylique*. Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Robert Courrier.

Les processus enzymatiques qui interviennent dans le métabolisme de l'alcool éthylique restent encore assez mal connus. En 1936, E. Le Breton [1], faisant le point de cette question, admettait l'intervention d'une déhydrase,

---

(1) *Ann. Physiol. Physicochim. biol.*, **12**, 1936, p. 169, 301 et 805.

d'un coenzyme (l'adénine-pyridine-nucléotide) et d'un accepteur d'hydrogène (le pigment jaune de Warburg ou flavinenzyme). Déjà, nous avons confirmé le rôle actif du coenzyme ([2]), en montrant que l'association nicotinamide-adénine (vitamines B_3 et B_4, facteurs indispensables à la synthèse du coenzyme) suffit à supprimer les perturbations nerveuses liées à l'administration d'alcool par les voies habituelles. Nous avons, par ailleurs, prouvé que cette association supprime également les accidents liés au métabolisme perturbé de l'alcool ([3]), qui paraissent dus à une production anormale d'acide pyruvique dans l'organisme ([4]). Dans des conditions expérimentales analogues, la thiamine (vitamine B_1), autrefois considérée comme facteur spécifique du métabolisme pyruvique, nous est apparue inférieure dans son activité au couple nicotinamide-adénine ([5]).

Les techniques que nous avons établies à cet effet et qui utilisent le lapin comme animal d'expérience, nous ont permis d'étudier, comparativement à l'action de la nicotinamide et de l'adénine, celle d'autres facteurs enzymatiques et, en premier lieu, de la riboflavine, facteur constitutif important du pigment jaune de Warburg. Parallèlement, nous avons utilisé l'acide ascorbique et le glutathion, qui interviennent comme transporteurs d'hydrogène, ainsi que la choline, qui est susceptible d'entrer avec l'acide pyruvique dans une réaction couplée, aboutissant à la production d'acétylcholine.

Ces quatre substances (riboflavine, acide ascorbique, glutathion et choline) furent essayées dans leur action sur l'intoxication alcoolique provoquée par l'absorption de tétraéthylthiuram disulfure (T. T. D.) suivie d'une injection d'alcool et sur l'intoxication pyruvique directe, afin d'en comparer les effets à ceux de la vitamine B_1 (thiamine) et des vitamines B_3 et B_4 (nicotinamide-adénine).

Confirmant nos expériences anciennes, nous avons de nouveau constaté sur le lapin adulte de 2 kg environ, que les effets mortels de l'injection intraveineuse de 20 cm³ d'un soluté isotonique d'alcool à 25°, pratiquée une heure après l'ingestion préalable de 50 cg de T. T. D., sont neutralisés entre 5 à 10 mn par une double injection de 15 mg de nicotinamide et de 25 mg d'adénine, l'une étant effectuée par voie intramusculaire, 30 mn après absorption de T. T. D. et l'autre par voie intraveineuse, 27 mn plus tard. Les mêmes doses de nicotinamide-adénine injectées à 27 mn d'intervalles empêchent aussi bien les effets mortels d'une injection de 25 cg de pyruvate de sodium pratiquée 3 mn après.

([2]) R. Lecoq, P. Chauchard et H. Mazoué, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 414.
([3]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 852.
([4]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1017.
([5]) *C. R. Soc. Biol.*, **145**, 1951, p. 517.

Avec la thiamine, des résultats analogues s'observent quand on a soin de porter à 100 mg la dose de thiamine mise en œuvre. Par contre, l'action de la riboflavine est nulle, même avec des injections répétées de 25 mg. Les suggestions faites en ce qui concerne le rôle du flavinenzyme dans le métabolisme de l'alcool ne semblent donc pas devoir être retenues.

Également, l'action prophylactique est nulle (tant dans les cas de l'alcool que du pyruvate) quand les injections intramusculaires et intraveineuses mettent en œuvre des doses de 500 mg d'acide ascorbique (sous forme de sel sodique). Mais il suffit de doubler ces doses, pour que la protection des effets du T. T. D. et de l'alcool soit obtenue; toutefois, dans les mêmes conditions, les effets mortels de l'injection de pyruvate de sodium ne se trouvent pas empêchés.

Avec des injections successives de 40 mg de chlorure de choline ou de glutathion, la protection se trouve aussi bien obtenue pour l'alcool, dont le catabolisme est perturbé par le T. T. D., que pour le pyruvate de sodium.

L'action antialcoolique de la choline avancée par certains (compte tenu de son rôle dans la prévention des cirrhoses) se trouve ainsi justifiée, de même que se trouve expliqué le rôle que ce corps joue dans les cirrhoses alcooliques qui s'accompagnent de pyruvicémies pathologiques (6), lesquelles sont dues au métabolisme perturbé de l'alcool (7).

Enfin, nous constatons que s'opposent les effets des groupes sulfhydriles du tétraéthylthiuram disulfure et du glutathion; c'est là une notion nouvelle qui mérite d'être soulignée.

Conclusions. — Nous avons utilisé différents facteurs susceptibles d'intervenir dans les processus enzymatiques du métabolisme perturbé de l'alcool éthylique, tant pour protéger le lapin des effets de l'alcool (après administration préalable de tétraéthylthiuram disulfure) que pour empêcher l'action d'une dose mortelle de pyruvate de sodium (produit intermédiaire du métabolisme alcoolique perturbé).

Aux doses mises en œuvre, la riboflavine se montre inactive et l'acide ascorbique ne présente qu'une faible action, alors que la choline et le glutathion ont une efficacité qui mérite d'être rapprochée de celle de la thiamine et du couple nicotinamide-adénine.

Ainsi, ces diverses substances n'agissent pas de manière spécifique et des processus enzymatiques différents peuvent entrer en jeu dans le métabolisme de l'alcool, spécialement en vue d'assurer le catabolisme de l'acide pyruvique (8).

---

(6) L. DE GENNES, S. BONFILS et G. DELTOUR, *Presse méd.*, 59, 1951, p. 497.
(7) R. LECOQ, *Presse méd.*, 59, 1951, p. 698.
(8) R. LECOQ, *Bull. Acad. nat. Méd.*, 135, 1951 (sous presse).

BIOLOGIE. — *Effets de l'ablation des pédoncules oculaires sur les pigments caroténoïdes du Crabe* Carcinus mænas. Note de MM. **Roland Lenel** et **André Veillet**, présentée par M. Louis Fage.

Il est bien connu que la glande du sinus contenue dans le pédoncule oculaire des Crustacés Décapodes intervient dans la pigmentation des téguments. L'ablation des pédoncules oculaires se traduit par une modification de la coloration qui varie avec l'espèce étudiée : chez le Brachyoure Uca, les mélanophores se contractent [1]. L'opération pratiquée sur le Crabe enragé, *Carcinus mænas*, nous a donné un résultat tout autre : les animaux opérés rougissent soit immédiatement, soit assez longtemps après l'ablation des pédoncules.

Il est nécessaire de rappeler d'abord quelles sont les assises colorées de la paroi du corps de *Carcinus mænas*. Chez un animal qui se prépare à muer, on distingue de l'intérieur vers l'extérieur :

1° L'hypoderme contenant des chromatophores blancs, quelques mélanophores, et surtout des chromatophores à pigments caroténoïdes brun noir. Ce pigment est un complexe de protéine et d'astacine (dérivé du carotène).

2° La couche pigmentaire de la nouvelle chitine dans laquelle sont logées des chromorhizes des chromatophores de l'hypoderme.

3° La couche pigmentaire de l'ancienne chitine qui sera éliminée avec l'exuvie et qui, comme la précédente, dérive de l'hypoderme, mais ne contient plus de chromorhizes en liaison avec les chromatophores de ce dernier. Elle est colorée en rouge par du carotène diffus (en particulier à la surface ventrale du céphalothorax), et en vert par le complexe astacine-protéine (surtout à la face dorsale du céphalothorax). La pigmentation verte reproduit le dessin réalisé par les chromatophores de l'hypoderme.

L'ablation des pédoncules oculaires d'un Crabe qui a commencé à sécréter sa nouvelle chitine s'accompagne, dans l'heure qui suit, d'un rougissement de la face dorsale. C'est la couche pigmentaire de la nouvelle chitine qui se colore d'abord : les chromorhizes des chromatophores de l'hypoderme qui sont logées dans cette couche passent du brun au rouge; puis les chromorhizes de l'hypoderme rougissent et, finalement, il ne reste plus au centre des chromatophores que quelques grains brun foncé. Le rougissement est plus net chez les Crabes gris ou chez les verts de petite

(1) F. A. Brown Jr, *Chromatophores and Color Changes. Comparative Animal physiology*, Prosser Editor, Philadelphia, 1950, p. 677.

taille, la carapace épaisse des Crabes verts de grande taille voilant le changement de teinte des couches sous-jacentes.

En prélevant des fragments de carapace sur le même animal opéré, nous avons pu suivre la sécrétion de la nouvelle chitine et l'élaboration de la couche pigmentaire interne et nous avons constaté que le rougissement progresse avec la sécrétion de cette couche. Les animaux opérés qui ont déjà préparé leur nouvelle mue changent donc de teinte immédiatement; les autres changent plus ou moins tôt au moment où ils sécrètent la nouvelle couche pigmentaire.

Le développement de la teinte rouge de l'animal opéré pourrait s'expliquer par une augmentation sensible dans les téguments de la teneur en astacine (pigment rouge à l'état libre). Cependant, en comparant les teneurs en pigments caroténoïdes chez les Crabes non opérés et chez les Crabes opérés (après extraction à l'éther de pétrole et mesure de la densité optique de la solution au spectrophotomètre), on constate que le taux d'astacine n'a pas varié d'une façon appréciable après le rougissement de la carapace. Le changement de teintes n'est donc pas dû à une augmentation du caroténoïde, mais à la destruction du complexe astacine-protéine et à la libération de l'astacine.

Enfin, quand un Crabe opéré mue, il ne conserve pas sa teinte rouge, mais prend une teinte mauve ou violette tout à fait caractéristique, l'astacine entrant dans un complexe astacine-protéine différent.

Ces observations mettent donc en évidence chez *Carcinus mænas* le rôle de la glande du sinus dans le métabolisme du complexe astacine-protéine. Elles montrent une fois de plus la variété des fonctions de cette glande.

BIOLOGIE ANIMALE. — *Sur la castration parasitaire chez* Philine aperta *Linné*. Note (*) de Mlle **Lucie Arvy**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Description de la castration parasitaire chez des individus de *Philine aperta* L., récoltés à Dinard (Ille-et-Vilaine). L'agent causal est une cercaire cystophore, *Cercaria dollfusi* n. sp.

Nous ne possédons aucune donnée sur la castration parasitaire chez les Gastéropodes Opisthobranches; aussi, avons-nous été surprise de constater, au cours de recherches sur l'ovogenèse de ces Mollusques, une destruction complète de la gonade chez certains des individus de *Philine aperta* L., récoltés à Dinard par M. A. Franc. L'aspect des préparations rappelait de très près celui que nous avons décrit chez le Dentale (1), (2).

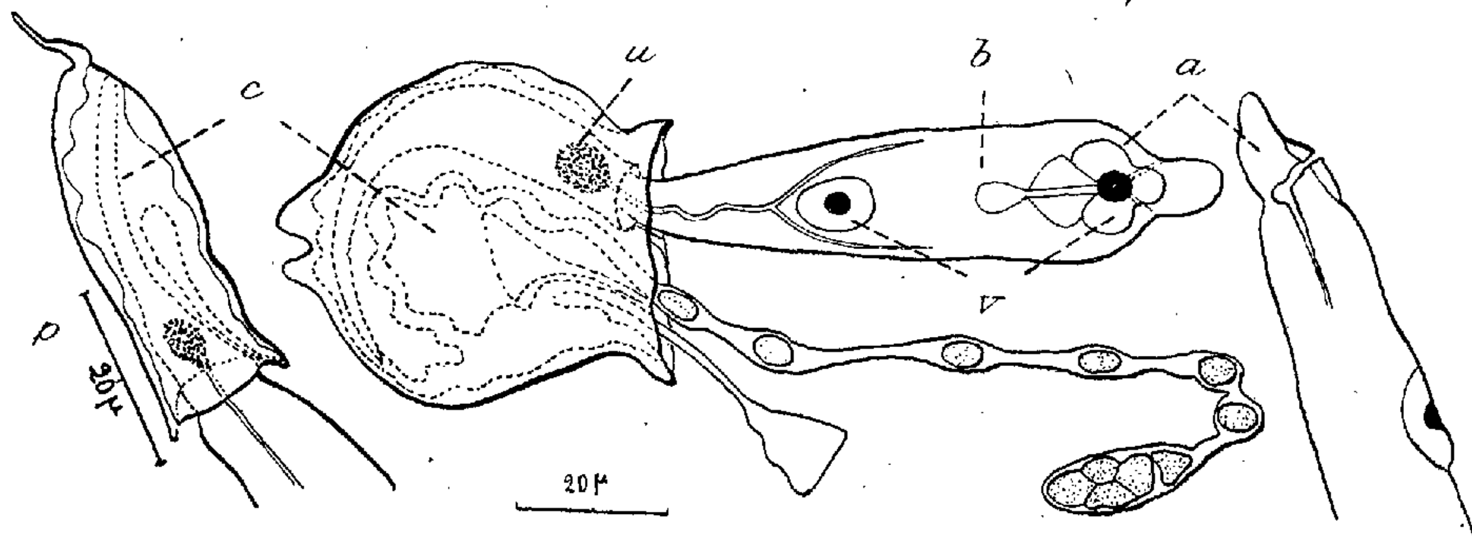
(*) Séance du 22 octobre 1951.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 780.

(2) *Bull. Soc. zool. France*, 74, 1949, p. 292.

Aussi, nous sommes-nous demandé si la castration parasitaire de la Philine était également due à une cercaire cystophore.

Lors de la dissection de 250 individus de *Philine aperta*, récoltés le 20 septembre 1951 sur la plage du Prieuré, à Dinard, nous avons pu trouver 23 individus parasités. Chez la Philine normale, la gonade occupe l'intervalle compris entre les tubules de la glande digestive et le rein. Chez les Philines parasitées, cet intervalle, très élargi, est occupé par des rédies blanches, en forme de lanières très longues, qui se moulent sur les tubules de la glande digestive; la dissociation est rendue très laborieuse par l'enchevêtrement des rédies et par la fragilité de leurs parois. Chaque rédie est formée d'une très longue portion de largeur uniforme en état de relâchement, mais susceptible de se contracter et de devenir moniliforme, ainsi que d'une portion effilée, finement granuleuse et relativement courte, accolée à la paroi externe du tubule de la glande digestive. La portion large contient un grand nombre de cercaires cystophores.



Examinée vivante, la cercaire (*b*) est petite et opaque, assez contractile; sa longueur varie entre 66 et 141 µ, sa largeur entre 25 et 11 µ. Vue par la face ventrale, la cercaire porte à son extrémité antérieure (*a*) un bec dorsal dont la longueur est de 4 à 6 µ. Les ventouses (*v*) sont à 9-14 µ et 46-50 µ de l'extrémité antérieure. La partie visible du tube digestif est très courte (20 µ), non bifurquée; elle semble imperméable ou peu fonctionnelle, car elle ne se colore pas par le rouge neutre. Les deux ventouses sont de même diamètre (5 µ environ). La ventouse postérieure est située entre deux canaux excréteurs qui s'unissent en arrière d'elle pour donner un canal unique et médian, très sinueux, qui va à la vessie (*u*); cette dernière est le plus souvent intracystique. Le cyste (*c*) est transparent; il porte, chez tous les individus examinés un revêtement ectodermique à noyaux très étirés, signe de développement peu avancé. Il contient, outre la partie terminale de la cercaire, deux appendices, dont l'un, très long (jusqu'à 160 µ), se termine par une portion renflée, oblongue, pouvant contenir 4 noyaux, alors que le deuxième, plus court (45 µ) se termine par une palette mesurant 12 à 16 µ de large. Vu de profil (*p*), le cyste porte un prolongement postérieur en forme de pointe, droite ou recourbée, longue de 5 µ environ. Le cyste est très plat;

son épaisseur varie entre 11 et 14 μ, la largeur étant de 30 à 40 μ; la longueur varie entre 42 et 52 μ. La cercaire et ses appendices peuvent rentrer entièrement à l'intérieur du cyste, qui mesure alors 50 μ de long, sur 42 μ de large et 15 μ environ d'épaisseur.

Mise à part *Cercaria cymbuliæ* [Græffe, 1860 (3)], décrite chez le Ptéropode Pseudothécosome *Cymbulia peroni* Quoy et Gaimard, la seule mention relative aux cercaires cystophores parasites de Gastéropodes Opisthobranches est due à P. Pelseneer (4). Cet auteur rapporte une communication personnelle de Ph. François, signalant l'existence d'une cercaire cystophore chez des Philines récoltées en Charente. R. Ph. Dollfus (5) attribue, en se fondant sur des dessins inédits de Ph. François, à la cercaire vue par ce dernier auteur des caractères très différents de ceux que nous venons d'exposer. L'espèce que nous avons trouvée nous semble donc nouvelle et nous proposons de la désigner sous le nom de *Cercaria dollfusi*, en hommage à l'helminthologiste R. Ph. Dollfus.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une différenciation biologique, à l'aide d'*Escherichia Coli, *des deux stéréoisomères thréo et érythro de la p-nitro β-phénylsérine*. Note (*) de M. **Darius Molho** et Mme **Lucie Molho-Lacroix**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Au cours de la préparation synthétique de la chloromycétine, Rebstock et Coll (1) ont isolé deux dérivés de même structure dont un seul est actif comme antibiotique et auquel ils ont attribué la forme thréo, par analogie de ses constantes physiques avec celles de l'éphédrine.

Ayant eu en mains deux échantillons d'un analogue structural de la chloromycétine : la *p*-nitro β-phénylsérine, préparés par Billet (2) à l'aide de deux méthodes différentes :

1° par nitration directe de la thréo β-phénylsérine (forme A),

2° par condensation du *p*-nitrobenzaldéhyde avec le glycocolate d'éthyle (forme B),

nous avons voulu savoir si ces deux corps ne pouvaient pas être différenciés par une méthode biologique.

Le critère de l'activité antimicrobienne vis-à-vis de *E. Coli* (souche Monod) est insuffisant, car les deux produits n'agissent qu'à fortes concentrations, la forme A étant cependant plus active que la forme B (courbes 1 et 3, *fig.* 1).

(3) *Neue Denkrschr. allg. Schweiz. Ges. ges. Naturwiss.*, 17, 1860, p. 1.
(4) *Bull. biol. France-Belgique*, 40, 1906, p. 175.
(5) *Ann. Parasitologie*, 25, 1950, p. 282.

(*) Séance du 22 octobre 1951.
(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, 2458 et 2463.
(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1358.

Nous avons alors cherché à déterminer le comportement des deux dérivés vis-à-vis de *E. Coli*, en présence de phénylalanine.

Seul le dérivé A a pu être contrecarré partiellement à l'aide d'une concentration non activatrice de phénylalanine (antagonisme non compétitif), alors que le dérivé B voyait, au contraire, son action inhibitrice augmentée par l'adjonction de phénylalanine (*fig.* 1) (³). On sait, depuis

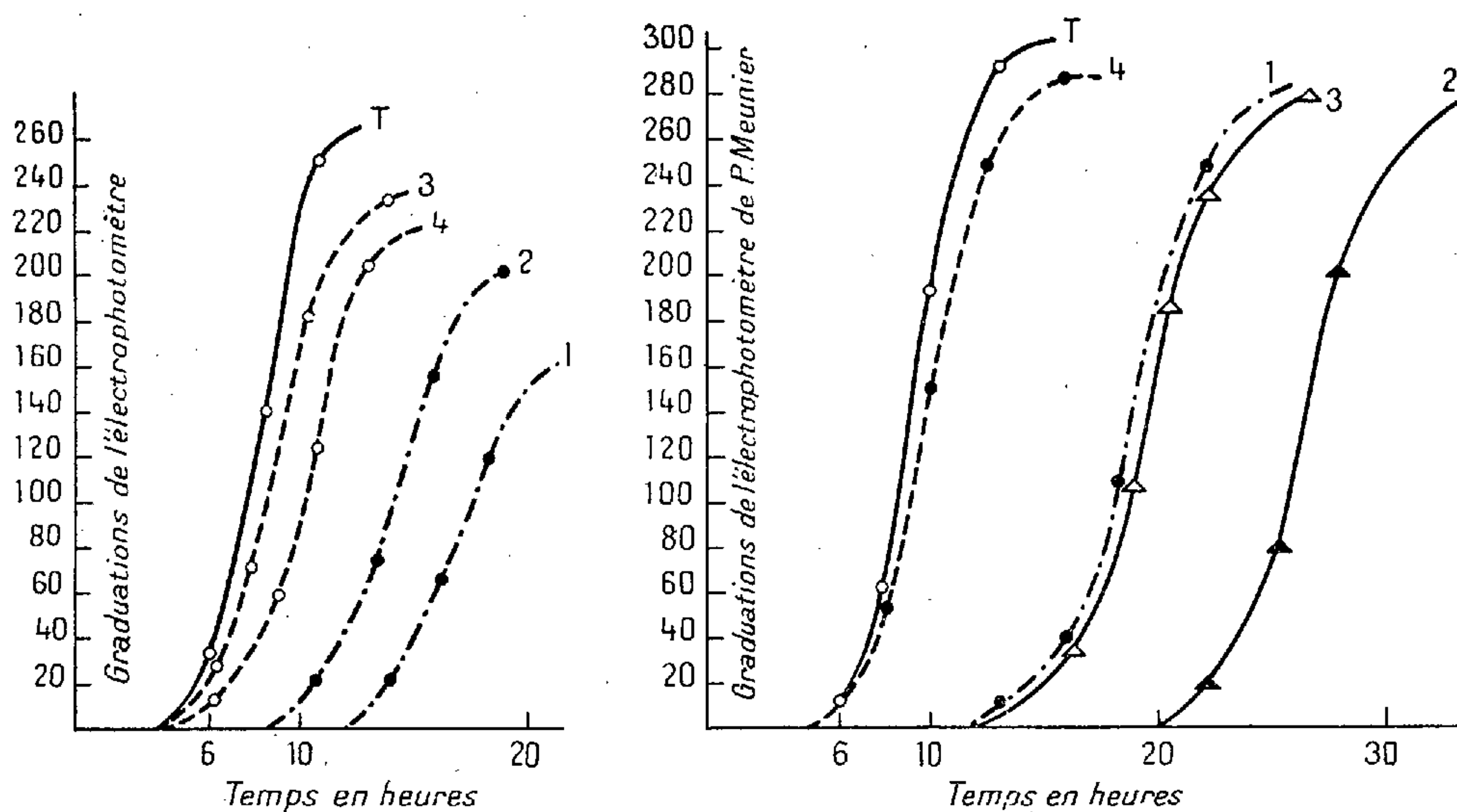


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Courbes de croissance de *E. Coli* en présence de :
T, témoin ou phénylalanine 2.10^{-3}.
1, *p*-nitro β-phénylsérine thréo 10^{-3} (forme A).
2, *p*-nitro β-phénylsérine thréo 10^{-3} + phénylalanine 2.10^{-3}.
3, *p*-nitro β-phénylsérine érythro 10^{-3} (forme B).
4, *p*-nitro β-phénylsérine érythro 10^{-3} + phénylalanine 2.10^{-3}.

Fig. 2. — Courbes de croissance de *E. Coli* en présence de :
T, témoin ou nitrophénylalanine 2.10^{-5} ou *p*-nitro β-phénylsérine (thréo ou érythro) 2.10^{-5}.
1, β-phénylsérine thréo 4.10^{-4}.
2, β-phénylsérine thréo 4.10^{-4} + *p*-nitro β-phénylsérine thréo 2.10^{-5}.
3, β-phénylsérine thréo 4.10^{-4} + *p*-nitro β-phénylsérine érythro 2.10^{-5}.
4, β-phénylsérine thréo 4.10^{-4} + *p*-nitrophénylalanine 2.10^{-5}.

Bertescher et Shive (⁴) que la β-phénylsérine présente un antagonisme total par la phénylalanine; cette β-phénylsérine étant de configuration thréo comme l'ont montré Carrara (⁵) et Billet (⁶). De même, Woolley (⁷) a trouvé que la chloromycétine thréo, à faible dose, pouvait présenter un antagonisme avec la phénylalanine. Nous avons constaté le même anta-

(³) Les méthodes expérimentales ont été déjà décrites en (⁸) *et* (¹⁰).
(⁴) *J. B. C.*, **164**, 1946, p. 53.
(⁵) G. Carrara et G. Weithnauer, *Gazetta*, **4**, 1949, p. 856.
(⁶) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1074.
(⁷) *J. Biol. Chem.*, **185**, 1950, p. 293.

gonisme ([8]) avec des cellules de *E. Coli* accoutumées en partie à des doses fortement inhibitrices de chloromycétine.

Par analogie, la forme A de la nitrophénylsérine qui, seule, présente l'antagonisme par la phénylalanine, renferme le stéréoisomère thréo et la forme B le stéréoisomère érythro.

Ces données purement biologiques viennent d'être confirmées par Kapp, Larramona et Welvart ([9]), qui ont prouvé, chimiquement, que la condensation des esters du glycocolle avec des benzaldéhydes substituées aboutit toujours à la forme érythro, ce qui nous a incités à publier, dès maintenant, nos résultats précédemment annoncés dans le travail de M[lle] Billet ([2]).

D'autre part, on sait que la phénylsérine thréo et la chloromycétine thréo agissent en synergie comme inhibiteurs de *E. Coli* ([10]); nous avons constaté également que la thréo β-phénylsérine et le dérivé A agissent en synergie alors que le dérivé B ne modifie en rien l'action de la thréo β-phénylsérine (*fig.* 2).

Nous voyons par ces résultats que le mode d'action de la *p*-nitro β-phénylsérine thréo est comparable à celui de la β-phénylsérine thréo.

Il semble donc que la nitration ne modifie pas le mécanisme biologique. C'est ainsi que, réciproquement, la *p*-nitrophénylalanine présente, aussi bien que la phénylalanine, un antagonisme compétitif avec la β-phénylsérine (courbes 1 et 4, *fig.* 2). D'ailleurs, Rebstock et Coll ([1]) ont montré que la nitration du thréo triacétylpropanediol ne modifie pas la configuration stérique du nouveau dérivé nitré obtenu.

De tous ces faits, il ressort que les modes d'action de la chloromycétine, de la β-phénylsérine et de la *p*-nitro β-phénylsérine sont bien liés à la forme thréo de la molécule.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur l'activité sympathicolytique et la toxicité du dérivé déméthylé amphotère de la yohimbine : l'acide yohimbique.* Note (*) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Pour évaluer l'activité proportionnelle des substances sympathicolytiques, on a recours, d'ordinaire, à la méthode de Broom et Clark ([1]) qui utilise l'utérus en survie de lapine. Mais depuis que l'on sait que les valeurs ainsi déterminées ne s'accordent aucunement avec celles que l'on obtient quand on substitue à cet organe la vésicule séminale du Cobaye pareil-

([8]) D. Molho et L. Molho-Lacroix, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 32, 1950, p. 425 et 969.

([9]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 527.

([10]) C. Mentzer, P. Meunier, L. Molho-Lacroix et D. Billet, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 32, 1950, p. 55.

(*) Séance du 22 octobre 1951.

([1]) *J. of Pharmacol.*, 22, 1923, p. 59.

lement isolée (²), il est devenu évident que l'on ne peut appliquer à la thérapeutique humaine les résultats des essais des substances sympathicolytiques pratiqués sur des organes en survie. *A priori* d'ailleurs, il paraissait illogique d'admettre une corrélation nécessaire entre l'activité que les sympathicolytiques montrent sur des organes isolés et celle qu'ils exercent sur les organes qui, normalement inclus dans le corps humain, y restent soumis à toutes les interdépendances physiologiques. Aussi avons-nous presque toujours apprécié chez l'animal entier l'activité sympathicolytique des substances que nous avons étudiées et cela en déterminant la dose minimale nécessaire à la production, soit de l'inversion apparente de la vaso-constriction rénale adrénalinique, soit de la transformation en hypotension de l'augmentation de pression artérielle produite par une dose convenable d'adrénaline.

Pourvu qu'ils soient obtenus dans des conditions expérimentales appropriées et aussi semblables que possible et qu'ils s'accordent avec les exigences statistiques, les résultats que nous avons obtenus par la seconde de ces méthodes se sont montrés tout à fait satisfaisants. Aussi est-ce à elle que nous avons eu recours pour déterminer l'activité sympathicolytique proportionnelle de la yohimbine purissime (québrachine) et de son dérivé déméthylé amphotère, l'acide yohimbique.

On savait déjà que cet acide est moins toxique que la base dont il dérive (³) et qu'il possède comme cette dernière une indéniable activité sympathicolytique majeure (⁴), mais on ignorait encore le rapport exact qui existe, d'une part entre le degré de toxicité de ces deux substances, d'autre part entre l'intensité de leur activité sympathicolytique.

Déterminée sur des cobayes auxquels on l'administre par la voie intrapéritonéale, la dose léthale 50 % fixée par interpolation graphique des courbes de toxicité est de 36,5 mg : kg pour le chlorhydrate de yohimbine purissime (chlorhydrate de québrachine) et de 500 mg : kg pour l'acide yohimbique également purissime (acide québrachique). L'acide yohimbique est donc plus de 13 fois moins toxique que le chlorhydrate de yohimbine.

Chez le Chien anesthésié par le chloralose (bivagotomisé et soumis à la respiration artificielle) auquel les substances essayées sont injectées dans les veines, l'activité sympathicolytique de l'acide yohimbique purissime se montre deux fois plus élevée que celle du chlorhydrate de yohimbine également purissime, puisque la dose *moyenne* nécessaire pour provoquer l'inversion d'une dose hypertensive d'adrénaline pure (bitartrate d'adrénaline de Hœchst) est de 0,1235 mg : kg pour l'acide yohimbique, de 0,2590 mg pour le chlorhydrate de yohimbine. Il convient d'ajouter

---

(²) E. Rothlin et J. Brugger, *Helvet. Physiolog. Acta*, 3, 1945, p. 519.

(³) Jacobson ex Spiegel, *Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch.*, 1903, p. 171.

(⁴) Raymond-Hamet, *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 843.

que le seuil de l'activité sympathicolytique qui se traduit par la diminution de l'activité hypertensive et vaso-constrictive rénale de l'adrénaline est souvent atteint après injection de 0,005 mg : kg d'acide yohimbique et de 0,015 mg : kg de chlorhydrate de yohimbine et, parfois même, de 0,0005 mg : kg de celui-là, de 0,0015 mg de celle-ci.

On peut donc conclure de ces expériences que l'acide yohimbique purissime, qui est plus de 13 fois moins toxique que le chlorhydrate de l'alcaloïde naturel dont il procède par déméthylation, montre cependant une activité sympathicolytique deux fois plus forte que celle de cet alcaloïde.

PHARMACODYNAMIE. — *L'action du succinate sodique sur l'inhibition postmagnésique de l'hypersécrétion gastrique post-insulinique.* Note de M. **Jean La Barre** et M[lle] **Marie-José Hans**, présentée par M. Léon Binet.

Il nous a été donné d'apporter une démonstration particulièrement nette des effets analeptiques favorables que possède le succinate sodique chez les animaux dont les centres nerveux ont été déprimés par l'injection de doses importantes de dérivés barbituriques [1].

Or, l'étude des effets antidiurétiques de certains hypnotiques a amené E. P. Pick [2] à diviser ces substances en deux catégories, suivant que l'action paralysante s'exerce sur l'écorce cérébrale ou sur la région pédonculaire. Alors que le chloralose, l'hydrate de chlorate et la morphine agiraient principalement sur le cortex, le barbital, le phénobarbital et le sulfate magnésique insensibiliseraient davantage la région thalamique.

Nous avons cru intéressant de reprendre, dans le présent travail, l'étude des effets du succinate sodique sur les phénomènes consécutifs à l'anesthésie postmagnésienne. Ces expériences furent réalisées sur quatre chiens à fistule gastrique permanente.

Après avoir déterminé sur chaque animal la réaction gastrique consécutive à l'administration d'insuline, on effectue 10 jours plus tard un essai dans lequel, un quart d'heure avant l'injection intrasaphène de 1 U d'insuline : kg, l'animal reçoit en injection intraveineuse une dose de 100 à 150 mg : kg de sulfate de magnésie. Cette injection a pour effet d'empêcher le développement de l'hypersécrétion gastrique postinsulinique. Si ensuite, chez cet animal dont la sécrétion se trouve bloquée, on injecte, après 30 mn, 300 mg : kg de succinate sodique, on assiste à une réapparition du phénomène hypersécrétoire qui, pour un même degré d'hypoglycémie, atteint

---

(1) *XVIIIe Réunion de l'Association des Physiologistes de Langue française*, Bordeaux, 1950 (*J. Physiol.*, **42**, 1950, p. 621-623).

(2) *Deuts. Z. Nervenheilk*, **106**, 1928, p. 238-268.

une valeur cependant inférieure à celle observée au cours de l'essai témoin réalisé sur l'animal traité uniquement par la dose test d'insuline.

A titre d'exemple, citons les chiffres observés au cours d'une semblable expérience : alors que la quantité de suc gastrique, 45 mn après l'injection d'insuline, atteint une valeur maximum de 20 cm^3 par 15 mn, chez les animaux à sécrétion gastrique bloquée par le sulfate de magnésie (0,5 à 1 cm^3 par 15 mn), le succinate sodique entraîne une apparition de la sécrétion gastrique qui atteint après le même temps 10 cm^3 par 15 mn.

Tout se passe, par conséquent, comme s'il se produisait sous l'influence du succinate sodique un déblocage de la paralysie thalamique consécutive à l'administration de fortes doses de sulfate magnésique. Si l'on compare ces résultats à ceux que nous avons précédemment observés, il apparaît nettement que l'action déblocante du succinate sodique est plus marquée pour les animaux barbitalisés que pour les chiens traités par les sels magnésiques.

Rappelons, en outre, que le suc gastrique recueilli au cours de la phase de déblocage par le succinate sodique de l'action insulinique, accuse, chez les animaux traités par le sulfate magnésique, une exagération très notable de l'acidité libre et totale.

En résumé, l'ensemble de ces expériences montre que le succinate sodique possède la propriété de rétablir l'excitabilité des centres thalamiques préalablement déprimés par l'utilisation des sels magnésiques en administration intraveineuse. Cette action déblocante est toutefois moins marquée que pour les animaux soumis à l'influence des dérivés barbituriques. Il est à espérer que l'on pourra dans l'avenir préciser davantage les causes des effets analeptiques favorables du succinate sodique chez les animaux narcotisés dans le but de déterminer s'il s'agit d'un phénomène de défixation ou du rétablissement de la respiration cellulaire des centres nerveux qui se trouverait abolie, d'après Quastel et Wheatley, au cours des anesthésies par dérivés barbituriques ou magnésiens.

A 15 h 30 mn l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 10 mn.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 NOVEMBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur ÉMILE SCHRIBAUX (1857-1951),
par M. **MAURICE JAVILLIER.**

MES CHERS CONFRÈRES,

La mort d'Émile Schribaux prive notre Compagnie du doyen et du plus distingué des Maîtres de l'Agronomie française.

Pierre-Émile-Laurent Schribaux, né le 10 août 1857, à Richebourg, petit village de la Haute-Marne, dans le Barrois, aux abords de la forêt de Chateauvillain et d'Arc, est décédé à Paris lundi 29 octobre. Notre doyen d'âge était donc dans sa 95e année.

Dès sa prime jeunesse, celui qui devait devenir un savant agronome et marquer d'un trait si ferme la pratique culturale en notre pays, apprit, par le contact immédiat avec la vie agricole, ce qu'est une terre cultivée et comment on l'incite à produire. A 14 ans, ce futur membre de l'Institut de France est simple ouvrier agricole. Mais il est ardent au travail et curieux des choses de la Nature; il apprend à observer; il s'instruit par un effort personnel et persévérant.

Il fréquente quelque temps une École normale d'Instituteurs; puis le voici bientôt à l'École pratique d'Agriculture de Saint-Bon, dans la Marne, et le plus admirable est que ce jeune homme est appelé à enseigner en cette École les éléments des sciences physiques et naturelles qu'il avait acquis presque sans autre maître que lui-même.

En 1878, Eugène Tisserand, Inspecteur général de l'Agriculture, qui devait devenir Membre libre de notre Académie, distingue ce garçon laborieux dont l'intelligence paraît si riche de promesses. Il le dirige vers l'Institut national agronomique, qui comptait alors parmi ses Maîtres

une pléiade de savants : Boussingault, Péligot, Schlœsing père, Müntz Grimaux, Duclaux, Tresca, Hervé Mangon, Delesse, Em. Blanchard, Carnot, Prillieux, Risler, Vesque, etc.

Schribaux se montre digne de qui avait appuyé sa candidature. Il est Ingénieur-Agronome en 1880 et, classé n° 2, bénéficie d'une mission d'études de trois ans à l'Étranger.

Mais Schribaux n'entend pas accomplir sa mission sans réflexion. Il lui donne comme préfaces des séjours en l'une des meilleures fermes de la Brie, pour se mieux pénétrer de connaissances techniques, et au laboratoire que dirigeaient Prillieux et Vesque, pour fortifier son savoir en Biologie végétale. Cette formation complémentaire acquise, il part en Allemagne, où il fréquente (1881), à titre d'auditeur libre, l'École d'Agriculture d'Hildesheim. Il visite un grand nombre d'exploitations, fait des stages dans les domaines de Söderhof et de Ringelheim dans le Hanovre (1882), s'intéresse aux modes de culture dans les terrains tourbeux ou sablonneux de l'Allemagne du Nord. Il étudie la production fourragère et l'industrie laitière en Allemagne, puis au Danemark, en Suède, en Angleterre, en Suisse. En 1883, il devient assistant au laboratoire du Professeur Nobbe à l'Académie forestière de Tharandt, en Saxe.

Ces trois années lui avaient permis de faire une ample moisson d'observations. Souvent, plus tard, il retournera en les mêmes pays et en d'autres : Pologne, Autriche-Hongrie, Italie.

En 1884, Schribaux devient préparateur chez Prillieux à l'Institut agronomique. Il a 27 ans; il a beaucoup observé et retenu; il a assez mûri sa pensée pour être apte à donner un enseignement nourri de faits précis et de vues générales fécondes. En 1890, la chaire qu'avait occupée Heuzé lui est offerte. Le voici *professeur d'Agriculture générale et spéciale* à l'Institut national agronomique et il le demeurera 40 ans, remplissant sa tâche avec constant dévoûment et parfaite compétence. En 1910-1911, il suppléera aussi Grandeau dans la chaire d'Agriculture du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Dès 1884, Schribaux avait créé une station d'essai de semences, intégrée dans le Service des Recherches agronomiques. De cette station, il sera le directeur et l'animateur durant 45 ans.

En 1900, il est élu à l'Académie d'Agriculture, qui, en 1927, l'honore du grand prix Barotte, décerné tous les 15 ans au savant qui, en la dernière période, a fait réaliser le plus de progrès à l'Agriculture française. Les précédents titulaires de ce prix s'appelaient : Louis Pasteur, Jean-Jacques-Théophile Schlœsing, Aimé Girard. En 1932, il préside l'Académie d'Agriculture.

Notre Compagnie, qui, dès 1925, l'avait inscrit sur ses listes de présen-

tation, l'élit en 1934 à la succession d'Albert Calmette en la Section d'Économie rurale.

Foncièrement agronome, plus que pur savant, voué au progrès technique plus qu'à la découverte scientifique, il connut cependant là le couronnement justifié d'une carrière féconde pour l'Économie rurale.

Il est temps de rappeler maintenant avec quelles tendances d'esprit il a œuvré. Schribaux conçoit l'agriculture comme une grande industrie biologique. C'est la connaissance de la biologie de la plante qui doit gouverner toute l'action de l'agronome. Voilà qui est parfait et peut réunir tous les suffrages. Pourquoi faut-il qu'à cet élan si légitime il ait associé une suspicion injustifiée vis-à-vis des apports que la science chimique apporte à l'agronomie ? Il écrit que le point de vue chimique est « le moins fécond en conséquences utiles pour l'industrie agricole », que « la suprématie de la chimie dans l'enseignement est néfaste au progrès ». Mais, au reste, qui parle de suprématie ? Toutes les sciences ne doivent-elles pas se liguer pour la connaissance de la vérité et la promotion de toutes les techniques ? S'il le fallait, la Chimie pourrait d'ailleurs établir, non par des considérations théoriques, mais par des faits, qu'elle pénètre la Biologie tout entière et que c'est à elle sans doute qu'appartiennent les plus profondes des explications. Mais ce n'est là que vaine querelle et tout dépend de ce que l'on inclut dans le mot Biologie.

Si notre Confrère négligea d'envisager les choses de son art par leur côté chimique, il n'en eut que plus de loisirs pour les voir sous d'autres angles et il sut, c'est là l'essentiel, réaliser une grande œuvre.

A quoi doit tendre l'agriculture ? A produire plus et mieux, répond Schribaux. Réponse valable et qui le demeure. Et pour cela, que faut-il? Mettre entre les mains des agriculteurs des « machines végétales adaptées au milieu » dit notre Confrère, et d'abord des semences contrôlées, sélectionnées, de variétés supérieures, si possible, aux variétés usuelles. Sa grande œuvre est d'abord là. Et il y prélude par la création de la *Station d'essai de semences*. Il met de l'ordre dans les moyens d'étude, introduit l'observation scientifique là où régnait l'empirisme, invente du matériel adapté à ses fins (qui n'a eu occasion de se servir d'une étuve Schribaux ?); il envisage des modes d'amélioration du pouvoir germinatif, détermine des tests de qualité, jugule la fraude, libère parfois la France de la tutelle de ses voisins (ainsi en est-il pour les graines de betterave).

De cette œuvre laborieuse de recherche et de contrôle, découlent d'importantes conséquences. Peu de cultures étaient aussi arriérées que celle des *plantes de prairies*. Avant Schribaux, les agriculteurs achetaient des mélanges de semences plus ou moins défectueux. Pour la constitution de ces mélanges, il n'y avait point de règles; la valeur relative des espèces n'entrait guère en considération. Avec Schribaux, les règles qu'il énonce

et les contrôles qu'il exerce, la situation change. On trouvera sur le marché des semences contrôlées d'espèces séparées et l'on réglera à son gré ses mélanges.

Les prairies de Légumineuses présentent, comme on sait, des avantages particuliers. Les Légumineuses ont une valeur nutritive élevée; loin d'épuiser le sol, elles l'améliorent si, du moins, l'on ne fait pas intervenir la même culture à intervalles trop rapprochés. Schribaux fait des sélections de luzernes et de trèfles, règle la production de semences irréprochables au point de vue origine, pureté, faculté germinative. Il dote l'agriculture d'une espèce jusqu'alors méconnue, le lotier corniculé, qui s'accommode de climats assez divers, de terres calcaires ou acides, qui n'entraîne pas cette « fatigue du sol » dont on ne savait, en ce temps-là, fournir une exacte définition. Sur des prairies où le lotier domine, associé à deux ou trois autres espèces, l'on peut nourrir plus d'animaux que sur prairie constituée d'espèces banales; avec les mêmes mélanges, l'on transforme du tout au tout les prairies de médiocre qualité que donnent les sols tourbeux.

Les études de Schribaux vont influer grandement sur la *culture du blé et des autres céréales*. Les circonstances se chargent de dicter les sujets de recherche. Pour relever une production déficitaire — c'était vers 1890, — il faut découvrir un blé résistant à la verse, capable de supporter l'application de fortes doses d'azote. Schribaux introduit d'Angleterre en France le Shirrif's square heard, père de presque tous les meilleurs blés du Nord et du Centre de l'Europe, et la solution est trouvée.

Au printemps 1915, une partie des champs réservés au blé n'avait pu être ensemencée, faute de main-d'œuvre. Schribaux fait connaître le Manitoba qui, précoce, permet de prolonger d'un mois la durée des semailles; cette variété fournira, dès la dite année, un supplément de récolte et, en 1919, au moins deux millions de quintaux de grains.

Après la première guerre mondiale, augmenter la production s'impose; la variété « Institut agronomique » que crée Schribaux répond aux besoins.

Quand survient une invasion exceptionnelle de rouille jaune, l'attention est attirée sur la nécessité de variétés résistantes. Schribaux crée de telles lignées.

Bref, de sa Station, Schribaux fait sortir des variétés de blés présentant, sur les variétés communes, diverses supériorités. Pour les différentes régions naturelles de la France et l'Afrique du Nord, il est à même d'indiquer les variétés les meilleures, les unes créées par sélection ou par croisement au prix d'années d'observation, d'autres empruntées à l'étranger, mais expérimentées par lui en les diverses régions naturelles. Pour le Nord et le Centre de la France, les variétés conseillées sont toutes ses enfants : Institut agronomique ou I^1, Préparateur Étienne ou G^4, Hybride à courte

paille L⁴, Bon Fermal, Inversal. De même, pour Tunisie, Algérie, Maroc : Florence Aurore et Pusa Florence.

De quelles circonstances dépend donc la valeur d'un blé ? 1° de son adaptation au milieu (climat et conditions du sol); 2° de sa résistance aux maladies (rouille, carie, charbon, piétin); 3° de sa productivité et de la régularité de sa production; 4° de sa valeur boulangère.

Or, les études de Schribaux permettent de dégager : des variétés résistant au froid (Vuitebœuf et Bretonnières) ou adaptées aux régions chaudes (Préparateur Étienne et Riéti); des souches au chaume solide résistant à la verse : l'Hybride à courte paille L^4 qui fournit des récoltes élevées; des nouveautés résistant à la rouille, telle la variété « Institut agronomique »; des espèces de haute productivité, telles I^1, L^4, Florence Aurore et d'autres; des blés de valeur boulangère plus ou moins comparable à celle du Manitoba : Florence Aurore, Hybride L^4, Bon Fermal, Inversal.

Pour les avoines, les succès de Schribaux sont du même ordre. Son avoine 176 est la plus résistante à la verse des variétés à grands rendements; le croisement Grise de Houdan $\times$ 176 possède mêmes qualités, auxquelles s'ajoutent une écorce fine et une avance dans la végétation.

Notre Confrère obtient des orges d'hiver à deux rangs par croisement de l'Hanna à deux rangs avec l'Albert à six rangs; il sélectionne des orges fourragères précoces et productives.

La *qualité des farines de blé* intéresse tout le monde, des producteurs aux consommateurs. Or, l'adoption de nouvelles sélections de blés passait pour abaisser la valeur boulangère. Schribaux entreprend une vaste enquête sur les variétés les plus répandues et fait procéder à des essais de panification. Il établit que la réputation des blés de pays est surfaite; que les blés de printemps, loin d'être inférieurs, sont des meilleurs; que les blés à grands rendements peuvent être aussi de haute qualité. Ses enfants : L^4, Bon Fermal, Inversal, Noisy barbu et surtout Florence Aurore sont du nombre. Productivité et valeur boulangère ne sont pas qualités antagonistes. C'est le choix de la variété qui assure avant tout la valeur boulangère. Les « blés de conciliation », comme il disait, donnent satisfaction à tout le monde.

Telle est, si résumée que s'en trouvent déformées l'ampleur et la fécondité, l'œuvre scientifique et technique d'Émile Schribaux. En appelant en son sein cet agronome accompli, ce sélectionneur averti, ce généticien de la première heure, ce serviteur passionné de l'agriculture française, l'Académie avait donné tout son sens à une Section qui, pour répondre à son but, doit accueillir des hommes, servant, avec des applications d'esprit fort différentes, mais d'un même élan, l'Économie rurale.

La disparition de notre Confrère, toujours si courtois, si accueillant, si bienveillant, même au soir de sa longue vie, nous cause une profonde peine, dont, à Mme Schribaux et à tous les siens, nous apportons ici le témoignage ému.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Contribution à l'étude d'une systématique magnétochimique.* Note (*) de MM. **Paul Pascal, Adolphe Pacault** et **Jean Hoarau.**

L'un de nous a montré ([1]) que le diamagnétisme était une propriété additive de la matière, c'est-à-dire qu'il était possible de calculer *a priori* une susceptibilité magnétique en appliquant une loi d'additivité généralisée :

$$\overline{K} = \Sigma K_A + \Sigma\lambda,$$

la susceptibilité $\overline{K}$ d'une molécule étant la somme ΣK_A des susceptibilités des atomes qui la constituent, augmentée de celle des incréments $\Sigma\lambda$ qui caractérisent les accidents de structure de cette molécule.

Depuis un quart de siècle ([2]) bon nombre de systèmes du même genre ont été établis qui ne diffèrent le plus souvent entre eux que par le choix des valeurs expérimentales servant à les établir et par la manière dont fut choisi le facteur extérieur qui, en dernière analyse, permet de calculer la susceptibilité de chacun des deux atomes dont on ne connaît le plus souvent que la différence des valeurs par le jeu même de la loi d'additivité.

Nous avons fait une revue détaillée ([2]) de ces différents systèmes d'où il ressortait qu'il fallait préciser l'ensemble des valeurs expérimentales pour que l'origine de ces constructions soit au moins commune, et qu'il pouvait être regrettable d'introduire un facteur extérieur, le plus souvent la susceptibilité d'un élément, quelle que soit la logique qui préside à l'opération.

Nous avons essayé, non point de construire un système nouveau qui ne serait ni meilleur, ni pire que ceux qui existent, mais de remédier aux inconvénients signalés en modifiant le premier et le plus complet des systèmes de nombres ([1]).

Une étude critique des susceptibilités expérimentales a permis de choisir pour les hydrocarbures normaux saturés des valeurs précises à mieux de 0,5 %. Cet ensemble de susceptibilités constitue une base de départ sur laquelle l'accord est quasi unanime et à partir de laquelle on calcule, en considérant successivement les composés homologues, la susceptibilité du groupe d'atomes CH_2 : $\chi_{CH_2} = -11,36.10^{-6}$.

(*) Séance du 29 octobre 1951.

([1]) Pascal, *Ann. chim.*, 1910, 1912, 1913.

([2]) Pacault, *Diamagnétisme des ions* (*Rev. Scientifique*, 1946, p. 169; *Systématiques magnétochimiques* (*Rev. Scientifique*, 1948, p. 38).

On remarque ensuite, par comparaison directe des susceptibilités expérimentales, que les isomères ramifiés des hydrocarbures sont plus diamagnétiques que les isomères normaux.

Or, on peut se demander, pour le calcul des susceptibilités atomiques, si cette exaltation est due au groupement CH_3 seul ou au groupement CH_3 appartenant à une ramification. Nous avons, pour des raisons théoriques, adopté la première hypothèse ([3]).

Compte tenu de cette remarque, on résout le système de n équations à deux inconnues (χ_H, χ_C) qui permet de calculer les susceptibilités du carbone χ_C et de l'hydrogène χ_H.

De proche en proche, on calcule alors les susceptibilités atomiques et les incréments. Le tableau I réunit quelques valeurs choisies parmi les éléments ou les accidents de structure les plus courants.

TABLEAU I.

	$-\chi.10^6$.		$-\chi.10^6$.		-10^6.
CH_2	11,4	S	16,9	$\lambda_{Benzène}$	15,1
H	2,0	N	9,0	$\lambda_{=}$	− 5,5
C	7,4	Cl	18,5	–	
O/	5,3	Br	27,8	–	
CO_2	15,1	I	42,2	–	

En chimie minérale, la précision est en général moins bonne qu'en chimie organique et la loi d'additivité moins bien vérifiée; il semble donc inutile de retoucher actuellement le système déjà proposé ([2]).

Signalons enfin qu'il est toujours possible de rapporter aux liaisons le diamagnétisme des combinaisons, puisque les électrons qui y contribuent le plus sont, au moins pour les atomes légers, les électrons de liaison. On a dans ces conditions le système :

Liaisons.	$-\chi.10^6$.	Liaisons.	$-\chi.10^6$.
C—C	3,7	C—S	10,3
C—H	3,85	C—N	4,85
C—O	4,5	N—H	5
O—H	4,65	C—Cl	20,35
C=C	1,9	C—Br	29,65
C=O	2,7	C—I	44,05

Ce nouveau système de valeurs permet de calculer, avec une bonne précision, la susceptibilité magnétique d'un composé de structure connue, ou, ce qui est le but, de préciser la structure inconnue d'un composé dont on a mesuré la susceptibilité.

Des compléments numériques seront donnés dans un Mémoire plus détaillé ([3]).

([3]) PACAULT, N. LUMBROSO et HOARAU, *Conf. De Broglie*, 1951.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie de mon Ouvrage : *Les Nombres inaccessibles*. J'ai essayé d'y montrer quelles conséquences entraîne, notamment pour l'étude de la probabilité dans les ensembles dénombrables, la notion d'inaccessibilité, laquelle s'impose lorsqu'on cherche à définir des nombres entiers de plus en plus grands. J'ai pu ainsi préciser mon attitude sur plusieurs points étudiés dans mes Ouvrages antérieurs.

M. **Robert Esnault-Pelterie** adresse un fascicule intitulé : *Analyse dimensionnelle et métrologie* qui constitue un supplément au tome LVIII de la *Revue générale des sciences pures et appliquées*.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Louis Fage** : Faune de France. 55. *Plécoptères*, par Raymond Despax.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Albert Vandel** est élu Correspondant pour la Section d'anatomie et zoologie en remplacement de M. *Émile Guyénot*, élu Membre non résidant.

CORRESPONDANCE.

Mme **Irène Joliot-Curie** prie l'Académie de bien vouloir la compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Physique générale, par le décès de M. *Aimé Cotton*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'ère des matières plastiques*, par M. Fournier. Préface de Jean Eudes.

2° *Les récréations mathématiques (parmi les nombres curieux)*, par Victor Thébault, avec des Notes de A. Buquet.

3° Monographie des probabilités. Fascicule VIII. *Théorie mathématique des assurances*. Premier livre. *Théorie mathématique du risque dans les assurances de répartition* par J. Dubourdieu.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Les prolongements d'une variété différentiable. III. Transitivité des prolongements.* Note de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note fait suite à deux Notes antérieures [1]. La transitivité des prolongements est exprimée par le théorème **1**. Un prolongement régulier admet une certaine structure infinitésimale [2] dont le théorème **2** donne une propriété.

Soient V_n et V_m deux r-variétés, dont les structures sont définies par deux atlas A et A′ sur R^n et R^m. Tout r-jet $X \in J^r(V_n, V_m)$ détermine un k-jet $\gamma_k(X) \in J^k(V_n, V_m)$, où $0 \leqq k \leqq r$. L'application γ_k de $J^r(V_n, V_m)$ sur $J^k(V_n, V_m)$ est continue. En particulier γ_0 est la projection γ de $J^r(V_n, V_m)$, si l'on identifie $J^0(V_n, V_m)$ à $V_n \times V_m$, c'est-à-dire $\gamma_0(X)$ au couple $(\alpha(X), \beta(X))$.

Le prolongement à $J^k(R^n, R^m) = R^n \times R^m \times L^r_{m,n}$ du pseudogroupe $\Lambda^r_n \times \Lambda^r_m$ est un pseudogroupe de transformations l fois différentiables, en posant $r = k + l$. Le prolongement à $J^k(V_n, V_m)$ de l'atlas $A \times A'$ est compatible avec ce pseudogroupe et *définit donc sur* $J^k(V_n, V_m)$ *une structure fibrée l fois différentiable de base* $V_n \times V_m$.

Soit $f \in C^r_x(V_n, V_m)$, $X = j^r_x f$. Le k-flot $j^k f$ est une l-application d'un voisinage de $x \in V_n$ dans $\mathcal{J}^k(V_n, V_m)$ dont le l-jet en x ne dépend que de X ; posons $\gamma^l_k(X) = j^l_x(j^k f)$. L'application γ^l_k est un isomorphisme canonique de $\mathcal{J}^r(V_n, V_m)$ sur un sous-espace de $\mathcal{J}^l(V_n, \mathcal{J}^k(V_n, V_m))$. En particulier on obtient ainsi un isomorphisme de $T^r_n(V_m)$ sur un sous-espace de $T^l_n(T^k_n(V_m))$, de $T^{r*}_m(V_n)$ sur un sous-espace de $\mathcal{J}^l(V_n, T^{k*}_m(V_n))$; ceci permet d'identifier $\partial^r_x f$ à $\partial^l_x(\partial^k f)$ où $f \in C^r_x(R^n, V_m)$, et $d^r_x f$ à $j^l_x(d^k f)$, où $f \in C^r_x(V_n, R^m)$. On définit de même un isomorphisme canonique de $L^r_{m,n}$ sur un sous-espace de $T^l_n(L^k_{m,n})$, qui permet d'identifier f^r_x à $\partial^l_x(f^k)$, où $f \in C^r(R^n, R^m)$ et f^k la fonction $x \to f^k_x$.

Soit F un espace admettant L^k_n comme groupe d'opérateurs, la loi de composition $(s, y) \to sy$ étant continue, $s \in L^k_n$, $y \in F$. L'homomorphisme canonique de L^r_n sur L^k_n, composé avec $(s, y) \to sy$, définit aussi L^r_k comme groupe d'opérateurs sur F. Soit $E(V_n, F)$ le prolongement d'ordre k de V_n dont les fibres sont isomorphes à F. Le prolongement à $R^n \times F$ du pseudogroupe Λ^r_n est l'ensemble des transformations

$$(1) \qquad (x, y) \to (\varphi(x), \varphi^k_x y), \qquad x \in R^n, \qquad y \in F, \qquad \varphi \in \Lambda^r_n.$$

L'atlas A de V_n sur R^n admet un prolongement A(E) formant un atlas de E

[1] *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 598 et 773. *Rectificatif* : p. 599, [2] ; le cas algébrique correspond au pseudogroupe des automorphismes locaux algébriques de l'espace numérique réel ou complexe.

[2] Notion qui sera définie d'une façon générale dans une Note ultérieure.

sur $R^n \times F$ et compatible avec le prolongement de A_k^r. Nous dirons que $E(V_n, F)$ est un *prolongement régulier* d'ordre k de V_n, si l'application $(s, y) \to sy$ est l fois différentiable. Comme $x \to \varphi_x^k$ est l fois différentiable, les transformations (1) sont alors l fois différentiables et *l'atlas* $A(E)$ *définit sur* E *une structure fibrée l fois différentiable de base* V_n.

THÉORÈME 1. — *Si* $E(V_n, F)$ *est un prolongement régulier d'ordre k de* V_n, *tout prolongement d'ordre l de* E *est un prolongement d'ordre r de* V_n, *en posant* $r = k + l$.

Ce théorème se démontre d'abord pour le prolongement $T_p^l(E)$. L'atlas A admet un prolongement formant un atlas de $T_p^l(E)$ sur $T_p^l(R_n \times F)$ compatible avec le prolongement de A_n^r à $T_p^l(R^n \times F)$. En identifiant $T_p^l(R^n \times F)$ à $T_p^l(R^n) \times T_p^l(F) = R^n \times L_{n,p}^l \times T_p^l(F) = R^n \times F'$ où $F' = L_{n,p}^l \times T_p^l(F)$, le prolongement de $\varphi \in A_n^r$, ou de (1), s'écrit :

$$(2) \qquad (x, u, Y) \to (\varphi(x), \varphi_x^l u, Y'),$$

où $x \in R^n$, $u \in L_{n,p}^l$, $Y \in T_p^l(F)$, $Y' = g(j_x^l(\varphi^k)(\partial_x^l)u, Y)$, en désignant par g l'application $(s, y) \to sy$ ainsi que son prolongement à $T_p^l(L_n^k \times F)$. Posons $z = (u, Y) \in F'$. L'élément $z' = (\varphi_x^l u, Y')$ dépend uniquement de (φ_x^r, z) et peut se noter $\varphi_x^r . z$. Pour $\psi \in A_n^r$ on a $\psi_{x'}^r . (\varphi_x^r . z) = (\psi\varphi)_x^r . z$, où $x' = \varphi(x)$. La transformation (2) peut alors s'écrire $(x, z) \to (\varphi(x), \varphi_x^r . z)$. Le prolongement de A définit donc sur $T_p^l(E)$ la structure fibrée associée au prolongement principal $H^r(V_n)$, de fibres isomorphes à F'.

Pour un espace fibré associé à $T_p(E)$, le théorème résulte des faits suivants :

1° Un espace fibré associé à $T_p^l(R^n \times F)$ est de la forme $R^n \times F''$.

2° Étant donné deux espaces fibrés $\mathcal{E}$ et $\mathcal{E}'$ de fibres isomorphes à F et les deux espaces fibrés associés $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}'_1$ de fibres isomorphes à F_1, toute représentation (resp. isomorphisme) de $\mathcal{E}$ dans $\mathcal{E}'$ est associée à une représentation (resp. isomorphisme) de $\mathcal{E}_1$ dans $\mathcal{E}'_1$.

Le prolongement de A_n^r à $R^n \times F$ définit sur $R^n \times F$ une *structure locale* dont le groupe d'isotropie infinitésimale d'ordre l au point (x, y) est isomorphe au sous-groupe de L_n^r qui laisse invariant y. L'atlas $A(E)$ détermine sur E une structure locale subordonnée à sa structure fibrée l fois différentiable. En $\xi \in E$ le *groupe d'isotropie infinitésimale d'ordre l* de cette structure locale est isomorphe à celui de $R^n \times F$ au point (x, y) correspondant à ξ dans une carte locale de $A(E)$. Si L_n^k opère transitivement dans F, ces groupes d'isotropie sont tous isomorphes au sous-groupe de L_n^r laissant invariant $y_0 \in F$. On en déduit :

THÉORÈME 2. — *Si* $E(V_n, F)$ *est un prolongement régulier d'ordre k de* V_n *tel que* L_n^k *opère transitivement dans* F, *tout prolongement d'ordre l de* E *admet une structure fibrée subordonnée de base* E *dont le groupe structural est le sous-groupe de* L_n^r *laissant invariant* $y_0 \in F$; *ce groupe peut même être réduit à sa projection sur* L_n (*identifié à un sous-groupe de* L_n^r).

Il en résulte, par exemple, que le prolongement principal $H^k(V_n)$ est parallélisable.

Soit $E(B, F, G, H)$ un espace fibré, ρ une relation d'équivalence dans F qui soit invariante par G, K le sous-groupe de G qui laisse invariante chaque classe mod ρ. Par les isomorphismes de F sur les fibres de E, ρ détermine une relation d'équivalence $\bar{\rho}$ dans E. *Si ρ est une relation d'équivalence ouverte,* $E/\bar{\rho}$ *est muni d'une structure fibrée associée à* $E(B, F, G, H)$, *de fibres isomorphes à* F/ρ, *de groupe structural* G/K. Nous dirons que l'espace fibré E est une *extension* de l'espace fibré $E/\bar{\rho}$, associée à l'homomorphisme canonique de G sur G/K.

Un prolongement d'ordre r de V_n n'est pas toujours un prolongement d'ordre l d'un prolongement d'ordre k de V_n, mais *c'est toujours une extension d'un prolongement d'ordre k, associée à l'homomorphisme canonique de* L_n^r *sur* L_n^k. A chaque prolongement de V_n correspond une extension de même espèce d'un espace fibré quelconque à groupe structural L_n, remarque qui permet d'étendre à ces extensions l'étude faite dans cette série de Notes.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur un modèle d'atmosphère solaire déduit des mesures sur le fond continu du spectre.* Note (*) de M. **Roger Peyturaux**, présentée par M. André Danjon.

Dans trois Notes précédentes ([1]), ([2]), ([3]) nous avons successivement donné les résultats de nos mesures sur l'assombrissement centre-bord du Soleil $\varphi_\lambda(\theta)$ puis sur la répartition spectrale de l'énergie au centre du disque $I_\lambda(0)$. Nous avons ensuite montré que l'ion H^- était pratiquement l'absorbant unique entre 6700 et 23 000 Å. Au cours de nos calculs, nous avons été amené à déterminer des coefficients a_T dont la définition donnée par Chalonge ([4]) est la suivante :

$$a_T = \frac{1}{k_\lambda}\frac{dk_\lambda}{dT}, \tag{1}$$

k_λ étant le coefficient de H^- donné par Chandrasekhar et Breen (par atome de H neutre et par unité de pression électronique). Si $\varkappa_\lambda$ est le coefficient de H^- par gramme on a

$$\frac{k_\lambda}{\varkappa_\lambda} = \frac{m_H N_H + m_{He} N_{He}}{p_e N_H} = \frac{1{,}80\, m_H}{p_e}, \tag{2}$$

où m_H et m_{He} sont les masses des atomes de H et de He, N_H et N_{He} les nombres d'atomes de H et de He par centimètre cube.

(*) Séance du 29 octobre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 368.

([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 931.

([3]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 23.

([4]) *Physica*, **12**, nos 9-10, 1946, p. 721.

On a, en outre,

(3) $$\frac{d\tau_\lambda}{ds} = \varkappa_\lambda \rho \qquad (s, \text{ profondeur géométrique});$$

(4) $$\frac{dp}{ds} = g\rho \qquad (\text{équilibre hydrostatique}).$$

On en déduit

(5) $$\frac{dp}{dT} = 1,80\, g m_H \frac{a_T}{p_e}.$$

Si nous connaissons p_e en fonction de p et de T, on peut mettre cette relation sous la forme

$$\frac{dp}{dT} = f(p, T).$$

La relation $p_e(p, T)$ nous est donnée par les tables d'ionisation calculées à partir d'un mélange chimique donné. Nous avons essayé tour à tour les mélanges de Strömgren ([5]) et d'Unsöld pour lequel les tables ont été calculées par Anne-Marie Rosa ([6]).

Bien que ces mélanges soient assez différents, on constate que les $p_e(p, T)$ sont pratiquement identiques. Nous avons résolu l'équation différentielle (5) par la méthode de Runge-Kutta. Les résultats sont donnés dans la figure 1. Nous y avons porté aussi le modèle de De Jager ([7]) déduit des mesures des profils des raies de H.

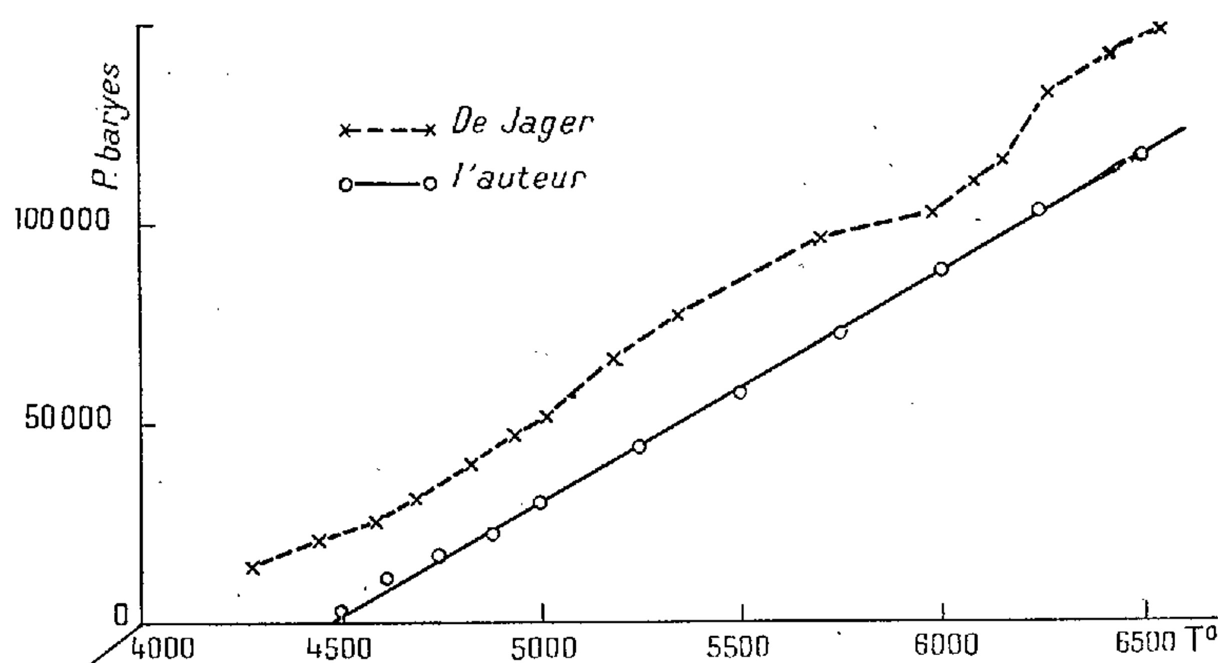


Fig. 1.

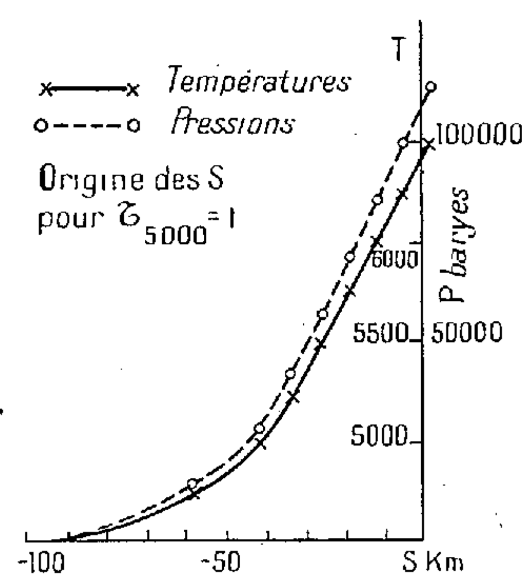


Fig. 2.

Nous voyons qu'il est assez différent du nôtre surtout au voisinage de la surface. Or, le modèle de De Jager donne dans la région spectrale 7000-23000 Å

([5]) *Publ. med. Mind. Kobenhavns Obs.*, 138, 1944.
([6]) *Zeitschrift für Astrophysik*, 25, nos 1-2, 1948, p. 1.
([7]) *B. A. N.*, 11, no 424, p. 291.

des $I_\nu(0)$ et des $\varphi_\nu(\theta)$ en accord avec les nôtres. Mais pour les λ : 3,5, 8,3, 10,2 μ il donne des $\varphi_\nu(0)$ en désaccord avec les mesures de Pierce Mc Math Goldberg Mohler ([8]).

Nous avons calculé pour ces λ les $\varphi_\nu(0)$ déduits de notre modèle. Les résultats sont groupés tableau I. Nous voyons que dans l'ensemble nos $\varphi_\lambda(0)$ sont en bien meilleur accord avec l'observation que ceux de De Jager. Ceci semble prouver que notre modèle est plus exact.

TABLEAU I.

	λ = 3,5 μ.			λ = 8,3 μ.			λ = 10,2 μ.		
Cos θ...	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
0,7....	0,968	0,960	0,959	0,984	0,968	0,977	0,986	0,967	0,981
0,4....	0,921	0,904	0,902	0,955	0,927	0,945	0,963	0,925	0,954
0,2....	0,876	0,845	0,843	0,925	0,886	0,908	0,940	0,882	0,929

(1) Valeurs observées. (2) Calcul : de Jager. (3) Calcul : l'auteur.

Nous avons ensuite calculé $p_e(T)$ (tableau II) et en adjoignant à (5) la loi des gaz parfaits $pV = RT$, nous avons calculé $p(s)$ et $T(s)$ (*fig.* 2).

TABLEAU II.

T°.	P_e (baryes).	T°.	P_e (baryes).
4750	2,0	5750	17,7
5000	4,4	6000	26,3
5250	7,0	6250	43,2
5500	10,9	6500	73,1

CHALEUR. — *Variation avec la pression de la célérité fondamentale des déflagrations dans les mélanges gazeux et les poudres colloïdales.* Note (*) de M. **Numa Manson**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La célérité avec laquelle la déflagration progresse dans un mélange combustible, par rapport à celui-ci, étant en particulier fonction de la pression des gaz brûlés, nous nous sommes proposé de confronter les résultats des observations récentes ([1]), ([2]), ([3]), ([4]), ([5]), avec ceux de la théorie qui assimile la

([8]) *Ap. J.*, **112**, 1950, p. 289.

(*) Séance du 29 octobre 1951.

([1]) J. Linett et P. Wheatley, *Nature*, **164**, 1949, p. 453.

([2]) A. Gaydon et H. Wolfhard, *Fuel*, **29**, 1950, p. 16.

([3]) F. Garner, R. Long et G. Ashford, *Fuel*, **30**, 1951, p. 17.

([4]) B. Crawford Jr., C. Hugget, F. Daniels et B. Wilfong, *Anal. Chem.*, **19**, 1947, p. 630.

([5]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 649.

zone de réaction vive à une onde de choc et de combustion avec faible chute de pression Δp (⁶) engendrée par la migration d'atomes d'hydrogène (⁷).

1. Les calculs ont été effectués pour une série de mélanges gazeux combustibles : heptane/air à 2,26 % (mélange a_1), 1,87 % (a_2) et 1,65 % (a_3) de C_7H_{16}; $CO + 0,5 O_2 + 1,88 N_2 + 0,3 H_2$ (b); $H_2 + 0,5 O_2$ (c); $C_2H_2 + aO_2$ avec $1 \leq a \leq 5$ (d); $C_2H_2 + O_2 + 3,76 N_2$ (e) et trois poudres colloïdales : (B), (n° 2) et (n° 5) étudiées respectivement par Crawford et ses collaborateurs (⁴) et MM. Basset (⁵).

La température T_2 et la composition d'équilibre des gaz brûlés, ont été calculées par les méthodes habituelles (⁷), (⁸), (¹⁰), sauf pour les mélanges (α) pour lesquels les résultats connus (⁹) ont été utilisés.

2. Il ressort d'après nos calculs que dans les mélanges gazeux la variation de la célérité fondamentale V_{01} peut être représentée, pour $0,1 < p < 5$ atm, par :

$$V_{01} = V'_{01}\left(\frac{p'}{p}\right)^n, \tag{1}$$

où n ne dépend que de la nature et de la composition du mélange.

TABLEAU I.

Mélange...	a_1.	a_2.	a_3.	b.	c.	d.	e.
n........	0,25	0,32	0,28	0,11	0,12	0,09–0,10	0,24

Ce résultat est, dans l'ensemble, en accord avec les mesures sur les flammes stationnaires des mélanges avec l'air (¹), (³). En particulier, pour le mélange (a_2) (C_7H_{16}/air stœchiométrique), d'après Garner et coll. (³), $n = 0,36$.

Les résultats concernant les mélanges C_2H_2/O_2 (V_{01} pratiquement indépendant de p) (¹), (²) s'expliquent également si l'on tient compte que d'après la théorie $n \sim 0,10$ et que les mesures précises de n sont très difficiles, la célérité V_{01} étant rarement mesurée mieux qu'à 5 %, ce qui conduit déjà à une erreur relative $\Delta n/n$ de l'ordre de 20 à 40 %.

Par contre, la diminution rapide de la célérité V_{01}, observée par Gaydon et Wolfhard (²) lorsque la pression devient très faible (< 10mm de Hg pour les mélanges C_2H_2/O_2) ne peut être actuellement expliquée par la théorie exposée.

3. La poudre (B) a déjà fait l'objet de calculs analogues (¹⁰) mais ceux-ci, entachés par une erreur sur la composition des gaz brûlés, nous ont conduit à

(⁶) Nous conservons ici les notations utilisées dans les publications antérieures (⁷) et (¹⁰).

(⁷) N. Manson, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 230; *Revue I. F. P.*, 1949, p. 338.

(⁸) R. Vichnievsky, *Thèse*, Paris, 1943 *et Publ. Sc. et Techn. du Min. de l'air*, n° **248**.

(⁹) A. Gaydon et H. Wolfhard, *Proc. Roy. Soc. London*, A **199**, 1948, p. 169.

(¹⁰) N. Manson, P. Morle et R. Ferraud, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2156.

une conclusion erronée concernant la possibilité du calcul de V_{01}, à condition d'introduire dans l'expression de Δp, un coefficient numérique ν indépendant de la composition de la poudre. Les nouveaux calculs ([11]) sur la poudre (B) ainsi que sur les poudres (n° 2) et (n° 5), montrent qu'il n'en est pas ainsi et que ν dépend de cette composition.

TABLEAU II.

Poudre (B) $H'_o = 1\,120$ kcal : kg, $T_1 = 298°$K ($3\,060 \leqq T_2 \leqq 3\,250°$K suivant p).

p (atm).	25.			50.			150.			200.			250.		
T_1 (°K)..	273.	298.	323.	273.	298.	323.	273.	298.	323.	273.	298.	323.	273.	298.	323.
r_{calc}....	0,31	0,33	0,33	0,57	0,58	0,59	1,40	1,42	1,47	1,75	1,76	1,78	2,05	2,10	2,12
r_{obs} ([4])..	0,37	0,38	0,40	0,60	0,61	0,62	1,35	1,37	1,37	1,71	1,73	1,79	2,06	2,09	2,06

TABLEAU III.

Poudre (n° **2**) : $H'_p = 780,5$ kcal : kg ($T_2 = 2\,160°$K).
Poudre (n° 5) : $H'_p = 580$ kcal : kg ($T_2 = 1\,685°$K).

	p (kg : cm²).....	50.	200.	300.	400.	600.	800.	1 000.	2 000.
N° **2.**	r_{calc}.....	0,59	1,68	2,30	2,86	3,91	4,89	5,82	10,20
	r_{obs} ([5])...	0,57	1,62	2,24	2,72	3,62	4,47	5,10	9,9
N° 5.	r_{calc}.....	0,61	1,69	2,32	2,90	3,97	4,97	5,93	10,55
	r_{obs} ([5])...	0,55	1,67	2,11	2,50	3,11	4,10	5,0	10,55

Le calcul du rapport : (tableaux II et III) : $r = V_{01}/(V_{01})_{100}$, [où $(V_{01})_{100}$ est la célérité pour $p = 100$ atm], ne nécessitant pas la connaissance de ν montre cependant qu'en ce qui concerne l'influence de p sur V_{01}, les conclusions données antérieurement restent valables.

ÉLECTRICITÉ. — *Image ionique d'une anode émissive*. Note (*) de MM. **Georges Couchet**, **Maurice Gauzit** et **Albert Septier**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Premiers résultats concernant l'observation au microscope électrostatique à émission d'images ioniques. Difficultés expérimentales inhérentes à cette nouvelle technique et influence de la structure de l'objet sur l'émission ionique.

Nous avons obtenu l'image *ionique* d'une anode plane chauffée émettant des ions positifs par effet thermoionique.

([11]) Le pouvoir calorifique H'_p utilisé dans ces nouveaux calculs est évalué d'après la composition des gaz brûlés fixée par l'équilibre du gaz à l'eau à 298° K, l'hypothèse de la combustion préférentielle de H_2, utilisée antérieurement ([10]), ne pouvant plus être justifié ($\nu \neq$ const.).

(*) Séance du 22 octobre 1951.

1. *Source*. — La substance émissive utilisée est une couche de silicate complexe de lithium de formule Li_2O, Al_2O_3, $2SiO_2$, correspondant à la β-eucryptite et dont la préparation est analogue à celle qui est décrite dans une autre Note [1].

L'anode émissive qui joue le rôle d'objet est constituée par une rondelle de molybdène ou de tantale sur laquelle on a fondu le silicate complexe par bombardement électronique sous vide (courant électrique 5 mA; tension 6 000 V). Le verre ainsi obtenu est rodé à l'émeri puis poli optiquement à l'alumine afin d'obtenir une surface plane. Cet objet est alors placé dans le porte-objet du microscope électrostatique à émission du laboratoire de Radioélectricité de l'École Normale Supérieure, qui a été décrit dans la revue Microscopie [2]. L'objet est chauffé par bombardement électronique. Il émet des ions Li^+ lorsqu'il atteint une température convenable (de 1000 à 1350°C). La source émet également des électrons lorsqu'on change le signe des tensions.

2. *Optique*. — L'objet constitue l'anode plane d'un objectif électrostatique à immersion du type classique. Les deuxième et troisième électrodes sont planes et parallèles, distantes de 2 mm et percées en leur centre de trous de 2 mm de diamètre. L'image est mise au point par un mouvement mécanique parallèle à l'axe optique du système et l'exploration de cette image est obtenue par deux déplacements rectangulaires, tous deux perpendiculaires à l'axe optique du microscope. L'objet est porté à une haute tension positive réglable de 0 à + 20 000 V. Le wehnelt est à un potentiel négatif v par rapport à l'objet ($0 < v < 500$ V) (un potentiel positif crée une forte distorsion de l'image). La mise au point de l'image est dégrossie par déplacement de l'objet et achevée par réglage du wehnelt. Le grossissement direct sur l'écran fluorescent situé à 66 cm de l'objet varie de 120 à 150 suivant la valeur de la distance objet-wehnelt. Le pouvoir séparateur obtenu actuellement est d'environ 0,8 μ.

3. *Vide*. — Lorsqu'on utilise les ions pour former l'image, la pression doit être maintenue à une valeur nettement inférieure à celle que l'on utilise pour les électrons (environ 10^{-5} mm Hg). Si la pression est plus élevée il se produit une ionisation du gaz résiduel qui rend visible le faisceau d'ions sous la forme d'une gaine rouge orangé et provoque des courants parasites de plusieurs centaines de microampères ayant un effet fâcheux sur les électrodes et sur la constance des sources de haute tension qui ont toutes une résistance interne très élevée.

4. *Écrans fluorescents et plaques*. — Les écrans fluorescents ordinaires utilisés en microscopie électronique sont rapidement détruits par l'impact des ions.

---

(1) G. Couchet, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1013.

(2) M. Gauzit et A. Septier, *Bull. Microscopie appliquée*, 2e série, 1, n° 5, 1951, p. 109-118.

Des écrans constitués d'une mince couche d'huile à vide déposée sur aluminium se sont révélés fluorescents, résistants, mais lumineux seulement aux fortes intensités. Après de nombreux essais sur des produits fluorescents de provenance diverse, l'emploi du tungstate de Ca (type B 40 de la Société S.A.F.P.E.) s'est imposé. Il présente une fluorescence violette visible même aux faibles intensités. Un écran neuf de cette substance conserve ses qualités initiales pendant une quinzaine de minutes et permet de prendre une dizaine de clichés. Dans les mêmes conditions la willémite est détruite au bout de deux ou trois minutes.

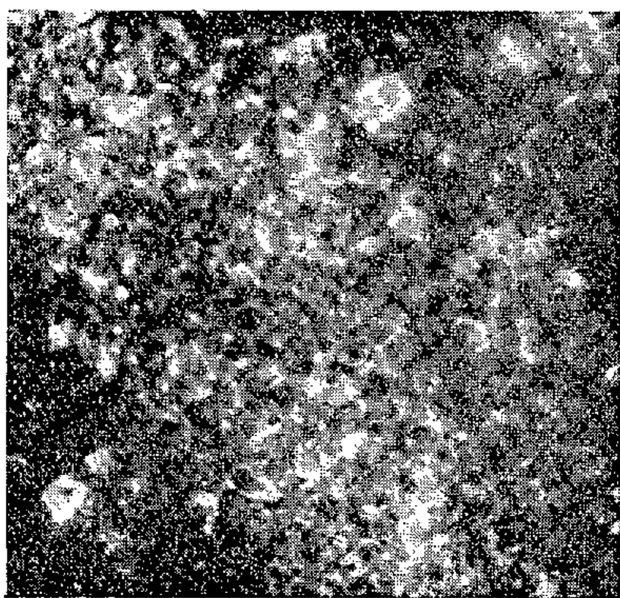


Fig. 1.



Fig. 2.

Les photographies sont obtenues par action directe des ions sur l'émulsion sensible, l'écran mobile servant d'interrupteur. Les pellicules photographiques utilisées avec les électrons donnent de très mauvais résultats ; des cheminements dus à des décharges à l'intérieur de l'émulsion perturbent totalement l'aspect de l'image. Les seules plaques ayant donné des résultats corrects sont les plaques Q_3 d'Ilford et des plaques Kodak B 10 du type Schuman (après traitement de sensibilisation que nous avons mis au point).

5. *Résultats*. — Les figures 1 et 2 montrent des photographies de l'anode émissive obtenues avec des ions Li^+ sous une tension de 15 000 V. Le grossissement total (ionique + optique) est de 300. Elles permettent de voir l'évolution de structure de l'anode au point de vue émissif. On a tout d'abord une émission à peu près homogène sur toute la surface (*fig*. 1, plaque B 10, pose 5 s, température 1220° C), l'homogénéité de la surface avait été vérifiée après polissage par observation au microscope métallographique. Après un chauffage d'environ 1 h, fragmentée de nombreuses entrées d'air dans l'appareil, nous avons observé en plusieurs régions de l'objet, l'apparition

d'une structure lamellaire très nette dont l'aspect variait suivant les différents points de l'objet. Un aspect typique est donné figure 2 (plaque Q_3, pose 3 s, température 1200° C).

L'examen métallographique nous a montré que la structure qui apparaît n'est pas due à une modification mécanique de la surface qui serait consécutive au polissage ou à des craquelures produites pendant le traitement thermique. Nous pensons que ces figures traduisent la structure cristallographique de l'échantillon et montrent pour la première fois que l'*émission ionique d'un solide dépend de l'orientation cristallographique de la surface*, de manière analogue à ce que l'on observe pour l'émission électronique.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le mécanisme de la pulvérisation des solutions électrolytiques par l'étincelle anodique.* Note (*) de MM. **Pierre Barret** et **Pierre Gérard**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans une récente Note [1], l'un de nous avait établi, pour une solution d'un électrolyte donné à une certaine concentration, le rapport entre la quantité d'électricité négative ayant traversé la solution dans le sens liquide-électrode métallique externe et la masse de solution dispersée dans la phase gazeuse.

Dans cette Note nous apportons des précisions sur le stade de l'étincelle responsable de l'explosion de la surface liquide. On sait que l'étincelle peut être considérée comme un régime transitoire [2] aboutissant à un régime d'arc. Il était très important, pour établir une théorie du phénomène de pulvérisation, de déterminer si le transfert des charges électriques négatives de la phase liquide à la phase gazeuse pouvait l'engendrer quel que soit le régime de la décharge. Nous avons réalisé dans ce but les expériences suivantes.

La source de courant continu de haute tension est composée d'un transformateur 600 p : s donnant au secondaire une tension alternative $E_e = 8\,000$ V. Une seule alternance est redressée au moyen d'un kénotron. La tension de crête charge un condensateur à une tension voisine de $E_e\sqrt{2} = 11\,000$ V. L'amplitude des fluctuations de tension aux bornes du condensateur est définie par la constante de temps du circuit de décharge qui comprend une résistance liquide de 6 000 Ω en série avec l'éclateur. Si la décharge s'amorce lorsque le condensateur est au potentiel maximum $V = E_e\sqrt{2}$, l'amplitude v de la fluctuation au bout du temps t est $v = Ve^{-(t/RC)}$, où R est la valeur de la résistance liquide, la résistance de l'étincelle étant négligeable, et C la capacité.

(*) Séance du 29 octobre 1951.

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 58.

(2) S. Teszner, *Bull. Sc. Fr. des Électriciens*, 56, 1946, p. 61.

La fluctuation v est mesurée en plaçant en dérivation entre les bornes du condensateur C, dont l'une est à la masse, un circuit comprenant un condensateur de 0,1 μF, un système potentiométrique composé d'une résistance de 2 MΩ et d'une résistance de 50 000 Ω, ces valeurs étant choisies pour que la constante de temps du circuit soit grande par rapport à la période de la fluctuation.

En appliquant entre les plaques Y d'un oscillographe cathodique la différence de potentiel aux bornes de la résistance de 50 000 Ω à la masse, on obtient sur l'écran la courbe de tension de fluctuation.

A l'aide d'un second oscillographe, on détermine la courbe $i=f(t)$ en appliquant sur les plaques Y la chute de tension dans une résistance de 30 Ω en série avec l'éclateur.

Pour une valeur de la capacité de filtrage inférieure à 0,01 μF, la fluctuation dépasse 8 500 V. En attribuant à l'étincelle une durée moyenne de 10^{-4} s, le calcul de la fluctuation donne $V - v = 8\,900$ V. Ceci correspond à une étincelle anodique entre platine et eau distillée, d'intensité maximum 0,3 A.

Par suite de la chute de tension aux bornes du condensateur, l'étincelle s'interrompt avant l'établissement d'un régime d'arc. Dans le cas de l'eau distillée ou de solutions faiblement conductrices, on n'observe aucune pulvérisation.

Si l'on répète la même expérience avec des solutions concentrées d'électrolytes forts, il ne s'établit pas non plus de régime d'arc. A chaque étincelle la solution est violemment pulvérisée et l'étincelle soufflée par le jet de particules.

Par contre, avec une capacité plus élevée, par exemple 0,1 μF, il s'établit entre l'anode aérienne et de l'eau distillée ou une solution faiblement conductrice un régime stable d'arc se traduisant sur l'écran de l'oscillographe cathodique par l'absence d'impulsions et l'apparition de la composante résiduelle du 600 p : s redressé. Il n'y a pas de pulvérisation.

Avec une solution de ClHN/1, il s'établit un régime d'arc instable, chaque impulsion étant suivie d'un régime d'arc reconnaissable à l'apparition de quelques périodes de la sinusoïde résiduelle. A chaque impulsion initiale correspond un jet de particules. Enfin, avec des solutions 2N de OH Na et de NO^3Na, le souffle intense produit par la projection des gouttelettes ne permet pas encore au régime d'arc de s'établir. Celui-ci ne s'installe complètement avec les solutions concentrées d'électrolytes forts que pour une valeur de la capacité supérieure à 0,17 μF, et la pulvérisation du liquide n'a plus lieu. Si l'on souffle l'arc artificiellement pour l'obliger à s'interrompre et à se rétablir, on observe un jet de particules à chaque impulsion de rétablissement du courant. Nous avons pu montrer que, durant ce stade initial, le courant atteint sa valeur maximum en moins de 10^{-6} seconde.

Ces expériences prouvent que la pulvérisation des solutions électrolytiques par l'étincelle anodique est produite par la brève impulsion correspondant à la période d'établissement du courant et non par le régime d'arc établi, comme

si les charges superficielles brusquement arrachées entraînaient des particules de solution ou faisaient exploser la masse liquide.

Ces phénomènes sont obtenus de la même façon avec des solvants autres que l'eau, par exemple avec une solution alcoolique de potasse sous azote.

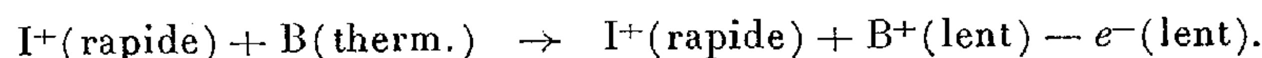
Nous donnerons dans une publication détaillée, l'ensemble des résultats acquis sur le mécanisme de ce phénomène.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la neutralisation de la charge d'espace des faisceaux d'ions positifs.* Note (*) de MM. **René Bernas** et **Jean-Louis Sarrouy**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Une méthode permettant de neutraliser les effets de la charge d'espace dans les faisceaux intenses d'ions positifs est décrite. Elle se base sur l'ionisation du gaz résiduel par les ions positifs accélérés.

On considère généralement que la divergence due à la répulsion électrostatique impose une limite supérieure à l'intensité du courant d'ions pouvant franchir un diaphragme déterminé.

Cependant, dans les divers accélérateurs d'ions où la pression varie entre 10^{-6} et 10^{-4} mm Hg, l'ionisation du gaz résiduel par les ions positifs n'est pas négligeable et il y a production d'électrons lents suivant le schéma :



$$I^+(\text{rapide}) + B(\text{therm.}) \rightarrow I^+(\text{rapide}) + B^+(\text{lent}) - e^-(\text{lent}).$$

Divers auteurs [1], [2] ont envisagé que la présence d'électrons au sein d'un faisceau est susceptible de neutraliser la charge d'espace existante, mais aucun résultat expérimental n'a été publié jusqu'ici.

Nous avons entrepris d'étudier si dans certaines conditions cette neutralisation pouvait être réalisée.

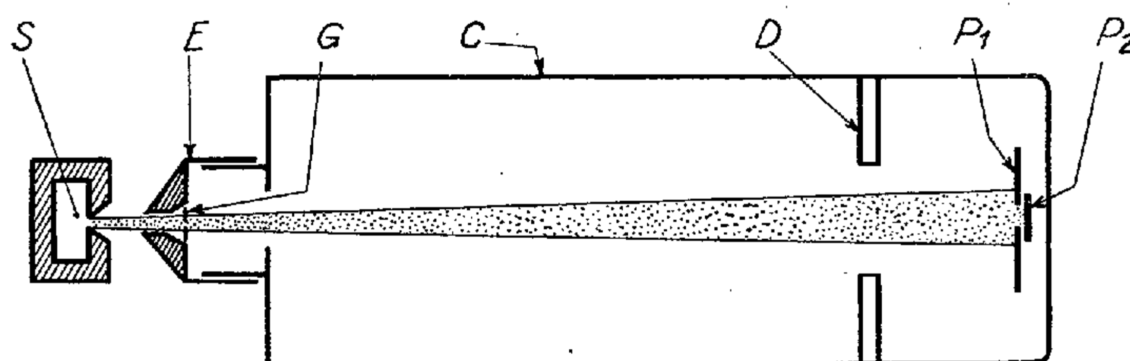


Fig. 1.

S, source d'ions; E, électrode accélératrice; G, grille. Pression dans l'espace C 3.10^{-5} mm Hg. C, cylindre de Faraday; D, diaphragme; P_1, P_2, collecteurs.

Le dispositif expérimental utilisé est indiqué par la figure 1.

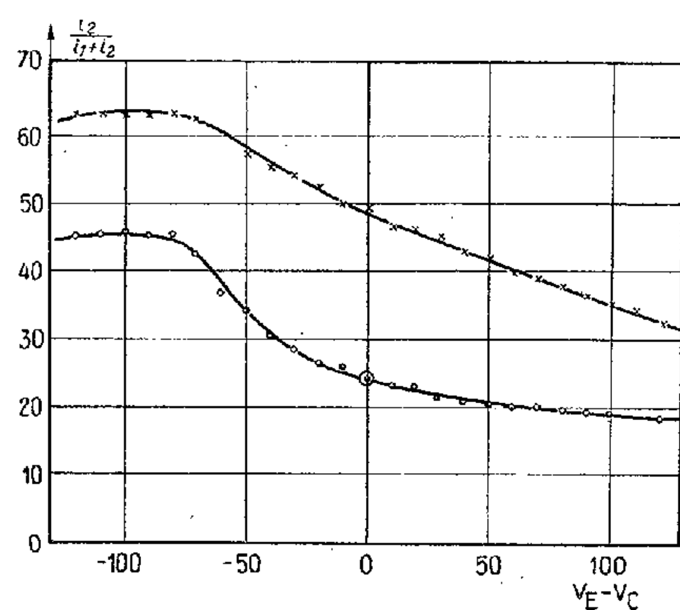
(*) Séance du 29 octobre 1951.

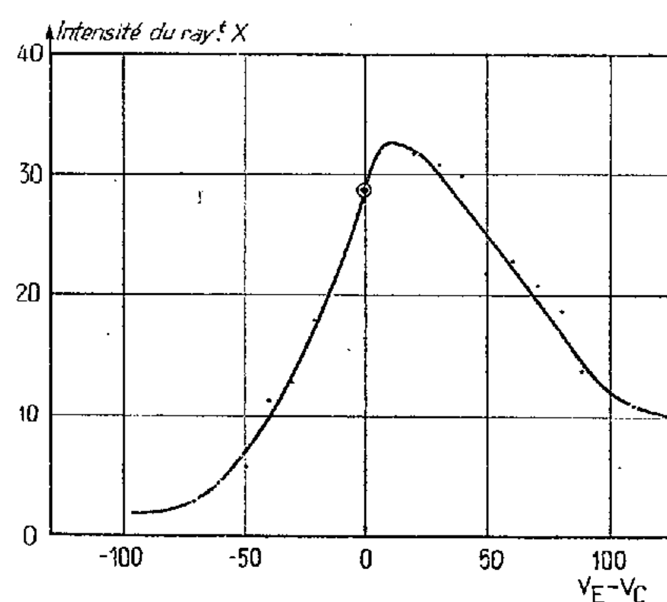
(1) L. P. Smith et P. L. Hartman, *J. Appl. Phys.*, 11, 1940, p. 220.

(2) Smith, Parkins et Forrester, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 989.

Un faisceau d'ions A^+ de 10 mA est accéléré sous 30000 V entre S et E, traverse l'espace équipotentiel C puis est reçu sur les collecteurs P_1 et P_2. Le rapport $i_2/(i_1+i_2)$ des courants reçus par P_2 et P_1+P_2 donne une indication de la divergence du faisceau. Toutes les précautions sont prises afin que l'émission d'électrons secondaires ne puisse fausser les mesures.

Dans ces conditions, on observe qu'un rayonnement X est émis par la partie antérieure de la source. Les expériences montrent que ce rayonnement est dû aux électrons présents dans le faisceau et accélérés entre E et S (*fig.* 3).





⊙ *Conditions usuelles de fonctionnement*

Fig. 2. Fig. 3.

En maintenant rigoureusement constante la différence de potentiel entre E et S ainsi que les autres paramètres, on a fait varier entre ± 100 V le potentiel de C par rapport à E. La courbe 1 de la figure 2 met en évidence la concentration du faisceau quand E est négatif par rapport à C.

La figure 2 représente les variations de l'intensité du rayonnement X mentionné précédemment en fonction de $V_E - V_c$. L'étude des figures 2 et 3 suggère l'explication suivante des phénomènes observés ([3]) :

Quand $V_E = V_c$, le champ accélérateur des ions pénètre dans l'espace équipotentiel E — C; il accélère vers la source les électrons lents (environ 5 eV) produits par l'ionisation du gaz résiduel, empêchant leur accumulation dans le faisceau : le rayonnement X est alors intense. Par contre, quand $V_E < V_c$ les électrons ne peuvent franchir la grille G; ils se répartissent dans l'ensemble du faisceau et contribuent efficacement à en neutraliser la charge d'espace; le rayonnement X disparaît presque complètement.

L'effet est encore accentué quand les collecteurs P_1 et P_2 sont également polarisés négativement par rapport au cylindre C (courbe 2, *fig.* 2, $V_c - V_p = 150$ V).

([3]) Pour une explication analogue valable pour les faisceaux d'électrons, *voir* : FIELD SPANGENBERG, HELM, *Electr. Communication U. S. A.*, 24, 1947, n° 1, p. 108.

La figure 4 représente l'accroissement du courant d'électrons issu du faisceau en fonction de la pression d'argon dans le cylindre C pour une valeur constante de $i_2/(i_1+i_2)$.

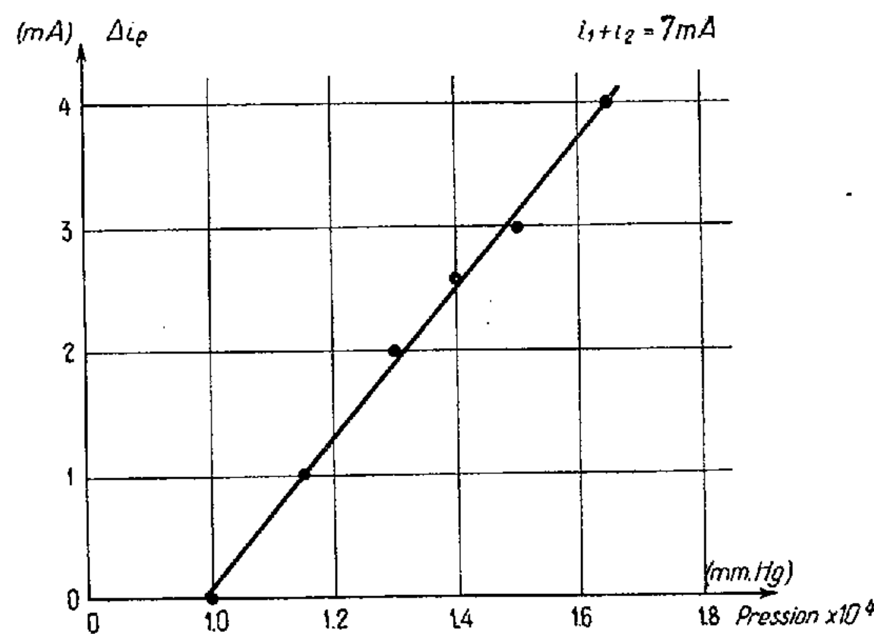


Fig. 4.

Des expériences sont en cours pour étudier l'effet, sur ce phénomène, de la nature des ions et du gaz résiduel.

L'application de cette méthode au faisceau d'ions d'un séparateur d'isotopes à secteur magnétique a donné des résultats préliminaires très satisfaisants.

SPECTROSCOPIE. — *Fluorescence polarisée d'un monocristal de naphtalène pur.* Note (*) de M. **Svend Brodersen**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude de la polarisation du premier système de bandes de fluorescence ultraviolette de la molécule de naphtalène, vers 32 000 cm^{-1}, dans un monocristal de naphtalène pur montre que le moment électrique attaché à la transition électronique est faible et parallèle au petit axe de la molécule situé dans le plan moléculaire.

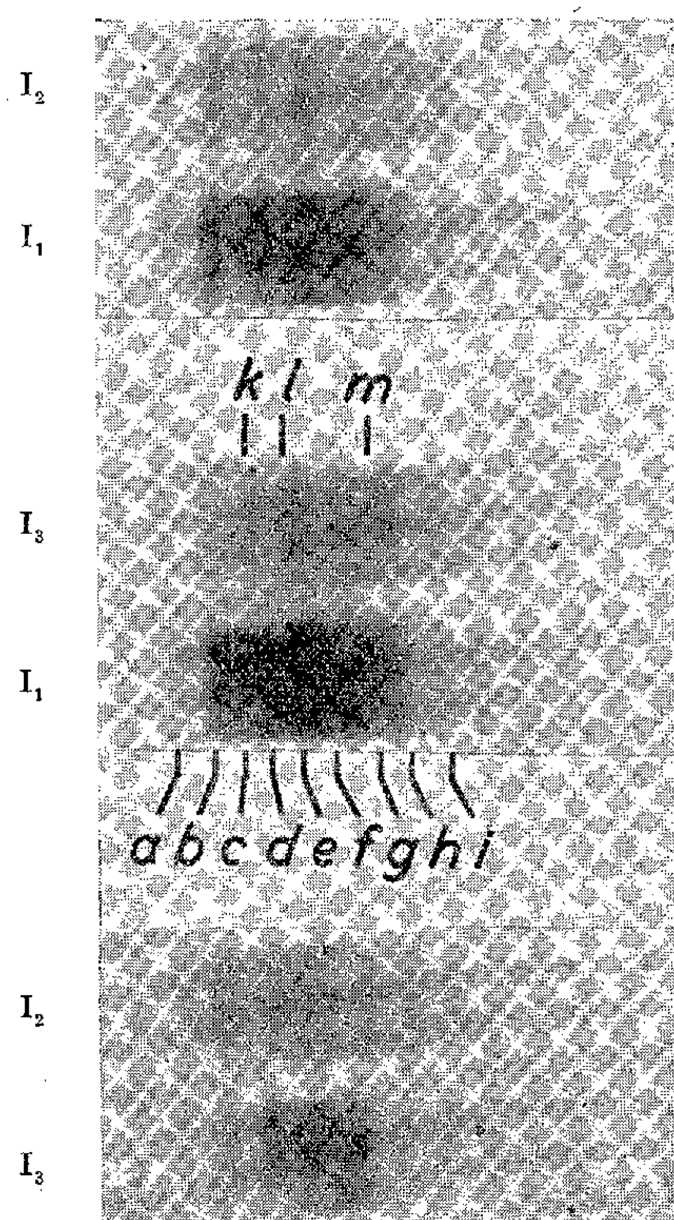
Les grandes difficultés rencontrées dans l'analyse du spectre ultraviolet de la molécule de naphtalène (1) rendent désirable la détermination de l'orientation, par rapport aux axes de la molécule, du moment électrique attaché à la transition électronique. La meilleure méthode consisterait à déterminer l'anisotropie d'absorption du cristal. Mais cette méthode nécessite l'emploi de lamelles minces monocristallines d'orientations différentes déterminées, et la technique de préparation de telles lamelles n'est pas au point. Dans ces conditions, nous avons remplacé cette étude par celle de la polarisation de la lumière du spectre de fluorescence ultraviolet d'un monocristal épais de naphtalène pur. Seul le système de bandes de fluorescence le plus proche du

(*) Séance du 22 octobre 1951.

(1) H. Sponer et G. P. Nordheim, *Disc. Faraday Soc.*, 9, 1950, p. 19; *voir* aussi A. Kastler, D. P. Craig et H. Sponer, *ibid.*, 9, 1950, p. 69.

visible (vers 32 000 cm^{-1}) peut être ainsi étudié, car dans les systèmes suivants la réabsorption de la lumière de fluorescence dans le cristal est trop forte.

La technique de préparation et d'étude des monocristaux est analogue à celle décrite par H. Benel (²) pour l'étude de la fluorescence visible de monocristaux de naphtalène contenant de l'anthracène. Le cristal ayant la forme d'un parallélépipède cubique de longueur d'arête environ 1 cm, taillé suivant les axes optiques principaux, est immergé sous l'eau dans une cuve de quartz.



La lumière de fluorescence issue normalement de la face d'observation est dédoublée par un Wollaston et pénètre dans un spectrographe de quartz de faible dispersion, mais de grande ouverture : F/1 (³). Pour réduire au minimum les pertes d'absorption la source lumineuse excitant la fluorescence, constituée par une lampe à hydrogène, éclaire obliquement la face d'observation du cristal. Toutes les lentilles utilisées dans le montage sont de matière isotrope (quartz fondu ou fluorine). Chaque pose a une durée d'environ dix minutes et un polissage des faces du cristal avant chaque pose garantit une élimination suffisante de la lumière parasite.

La figure montre une reproduction des spectres obtenus avec trois orienta-

(²) *Thèse*, Bordeaux, 1940, résumée dans *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 595.

(³) A. Arnulf, *Ann. Astrophys.*, **6**, 1943, p. 21.

tions différentes du cristal. Si nous désignons par 1, 2, 3 les axes principaux du cristal et par A, B, N les axes de symétrie de la molécule (A = grand axe, B = petit axe, N = normale au plan moléculaire), nous avons les relations (²) :

$$I_1 = 0,05 M_A^2 + 0,77 M_B^2 + 0,19 M_N^2,$$
$$I_2 = 0,01 M_A^2 + 0,18 M_B^2 + 0,81 M_N^2,$$
$$I_3 = 0,94 M_A^2 + 0,05 M_B^2,$$

dans lesquelles les I représentent les intensités de fluorescence des vibrations parallèles aux axes cristallins correspondants et les M les valeurs des moments de transitions parallèles aux axes moléculaires. Les coefficients numériques de ces relations résultent de l'orientation connue des molécules par rapport aux axes cristallins (⁴).

L'examen des spectres montre que I_1 est très supérieur à I_2 et I_3, ces dernières étant d'intensités comparables. Il en résulte, d'après les relations ci-dessus, que $M_B > M_A$.

De la distribution d'intensité qui est identique dans les spectres I_1 et I_2 on peut déduire que M_N est très faible.

De ces résultats, on peut conclure à l'absence probable d'un moment de transition électronique parallèle au grand axe de la molécule. Il reste la possibilité ou d'une transition interdite ou d'une transition possédant un moment de transition électronique parallèle au petit axe de la molécule. Dans le cas d'une transition interdite il faudrait admettre que la prépondérance du moment suivant le petit axe provient de la transition vibrationnelle qui se superpose à la transition électronique. Ceci est peu probable. D'autre part, la valeur du rapport $M_B : M_A$ voisin de 3 : 1 montre que s'il existe un moment d'origine électronique parallèle au petit axe de la molécule il ne peut être que très faible. Ceci est en accord avec la valeur faible du coefficient d'absorption du système d'absorption correspondant. Une étude plus approfondie nécessiterait l'analyse détaillée du degré de polarisation en fonction de la structure vibrationnelle du système de bande. La faible dispersion de notre spectrographe ne nous a pas permis de faire cette étude. Les bandes que nous avons observées se situent vers *a* 31 650, *b* 31 050, *c* 30 600, *d* 30 200, *e* 29 700, *f* 29 150, *g* 28 400, *h* 27 850, *i* 27 200, *k* 30 800, *l* 30 100 et *m* 28 650 cm^{-1} en accord avec des mesures antérieures (⁵).

(⁴) J. M. Robertson, *Proc. Roy. Soc.*, A **142**, 1933, p. 674.

(⁵) Obreimow et Shabaldas, *J. Phys. U. S. S. R.*, 7, 1943, p. 168.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Un effet de la lumière sur les semi-conducteurs : variation de la différence de potentiel de contact.* Note de MM. **Werner Veith** et **Gérard Wlérick**, présentée par M. André Danjon.

On a constaté et mesuré la variation provoquée par la lumière du potentiel de contact d'une couche semi-conductrice de CdS préparée et maintenue dans le vide. On utilise un dispositif d'optique électronique qui permet l'emploi correct de la méthode du potentiel retardateur. Les résultats sont en accord avec une formule obtenue par un calcul classique. On signale également une variation thermique du potentiel de contact.

La concentration en électrons libres d'un semi-conducteur peut varier fortement sous l'influence de facteurs physiques tels que la température. On peut donc attendre une variation nette de la différence de potentiel de contact (notée D.D.P.C. dans la suite) entre un métal de référence et un semi-conducteur soumis à des conditions physiques variables.

Brattain ([1]) a étudié l'influence de la lumière sur des spécimens massifs de silicium et de germanium maintenus à l'air. Il a obtenu à 140° K un changement maximum de D.D.P.C. de 0,12 V avec du silicium. Il l'attribue à des états de surface.

Nous nous sommes placés à un point de vue différent. L'un de nous ([2]) a remarqué qu'avec un corps très photosensible (CdS de type N) la lumière doit diminuer le travail d'extraction de quelques dixièmes d'électron-volt. Pour mesurer cet effet nous avons d'abord utilisé un tube de prise de vue construit au laboratoire, le *conductron* ([3]). Nous avons pu vérifier par la méthode du potentiel retardateur que l'effet existe et a le sens prévu. Nous avons alors construit un tube spécial plus approprié à cette mesure. Il utilise un faisceau électronique très ouvert, accéléré puis désaccéléré et rendu parallèle par une électrode de focalisation. Ce faisceau qui a une section de l'ordre de 3 cm² tombe sur une couche de CdS activée au cuivre, préparée dans l'appareil. La cathode est en tungstène.

Préparation de la couche. — Nous avons cherché à obtenir une couche *très* photosensible, homogène et aussi peu contaminée que possible. On dépose d'abord une électrode en or; le tube est mis sur pompe, vidé, étuvé; on évapore sur l'or une couche mince de cuivre pur. Pour contrôler la méthode on introduit de l'oxygène pur et sec : le travail d'extraction ne varie pas, du moins au début; on fait entrer de l'air humide : on obtient après 12 h une diminution de 0,5 eV. Le tube est à nouveau vidé, étuvé et l'on évapore la

---

([1]) *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 345; *Semi-conducting Materials*, Butterworths, London, 1951, p. 37 à 46.

([2]) Wlérick, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2199.

([3]) Veith, *Le vide*, n° 30, 1951, p. 887-895.

couche de CdS sur le cuivre. On recuit finalement à 480° C, le cuivre diffuse et la photosensibilité est bonne ([4]).

Mesures. — Des électrodes permettent de mesurer la résistance d'une partie de la couche dans trois cas : à l'obscurité, dans une pseudo-obscurité (cathode en fonctionnement), avec la lumière. Cette préparation spéciale donne une couche qui suit la loi d'Ohm. Nous avons mesuré les *variations* de D. D. P. C. en fonction de l'éclairement de la couche. La source de lumière est une lampe à incandescence de 60 W placée à 20 cm environ de la couche. Pour avoir une construction simple nous avons accepté que la cathode éclaire faiblement la couche. Il en résulte seulement une diminution du contraste.

Résultats. — 1° Pour toutes les mesures faites sur pompe les courbes obtenues sans lumière (notée p. obs.) et avec lumière sont jusqu'à la saturation rigoureusement parallèles ([5]). Ainsi les deux courbes de la figure 1 (température ordinaire, lumière blanche) sont décalées dans le sens des abscisses de $\Delta V = 0,18$ V.

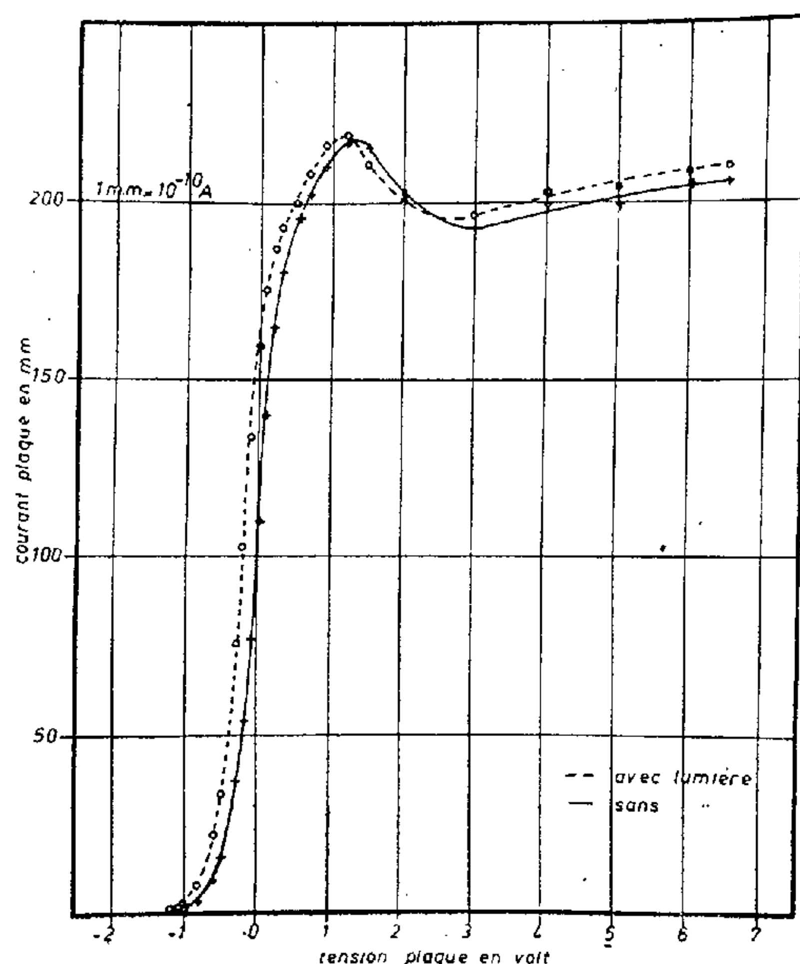


Fig. 1. — Variation optique de la D. D. P. C. à 20° C.

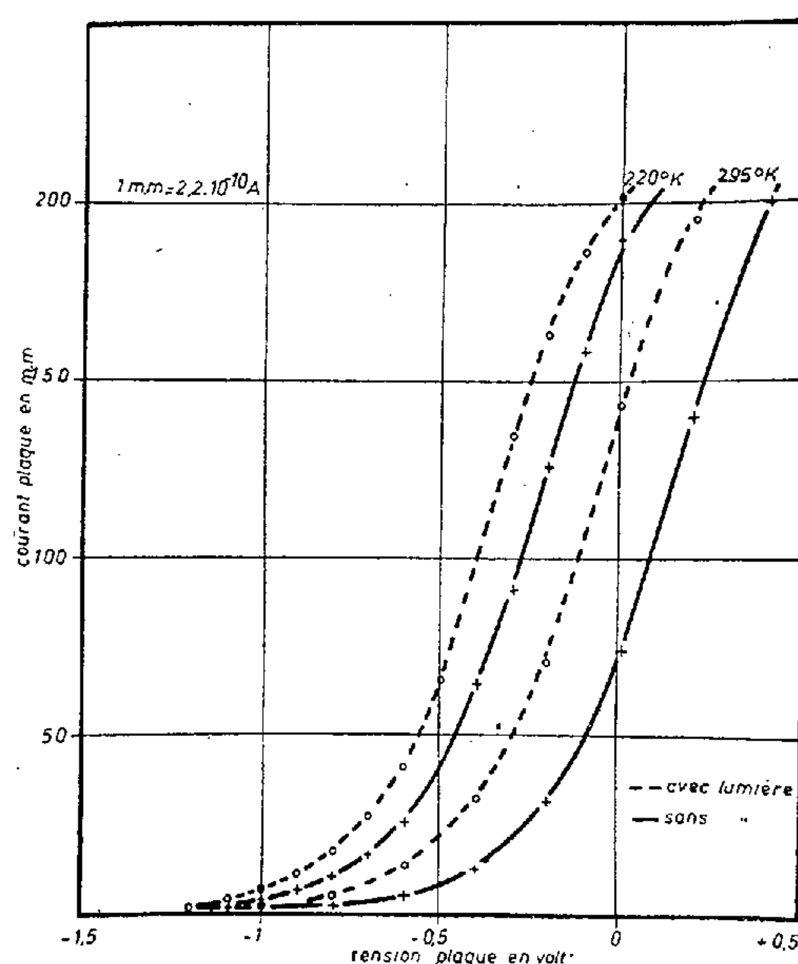


Fig. 2. — Variation optique de la D. D. P. C. à 220° et 295° K.

2° Sur la figure 2 sont tracées les parties ascendantes des courbes obtenues avec ou sans lumière blanche pour deux températures de la couche de CdS : 295 et 220° K, cette dernière température étant seulement estimée. A 295° K, $\Delta V = 0,20 \pm 0,01$ V, $R_{obs} = 600$ MΩ, $R_{p.obs} = 100$ MΩ, $R_{ill} = 33$ KΩ. A 220° K, $\Delta V = 0,11 \pm 0,01$ V, $R_{obs} = 37,5$ MΩ, $R_{p.obs} = 1,8$ MΩ, $R_{ill} = 12,5$ KΩ.

([4]) Veith, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 947.

([5]) On n'obtient pas une courbe horizontale à la saturation par suite d'une réflexion des électrons. Nous l'avons constaté pour l'or impur. Pour CdS il semble que cette réflexion soit légèrement influencée par la lumière.

3° Les courbes obtenues sans illumination sont déplacées par le refroidissement de $\Delta V = 0,37$ V. Nous y reviendrons ailleurs.

Interprétation du déplacement dû à la lumière. — On a proposé autrefois pour le calcul de la grandeur de l'effet photovoltaïque d'une substance ayant une seule catégorie de porteurs mobiles (électrons ou trous) une formule obtenue par un calcul classique [6],

$$V = \pm \frac{kT}{e} \log \frac{\sigma_{\text{ill}}}{\sigma_{\text{obs}}}$$

(k, constante de Boltzmann; T, température absolue; e, charge de l'électron; σ_{ill} et σ_{obs} conductibilités des parties illuminée et obscure de la substance). Cette formule, reconnue non valable pour l'effet photovoltaïque, peut, par contre, être une bonne approximation pour la variation de la D. D. P. C., elle donne ici un bon accord : à 295°K, $\Delta V_{\text{calc}} = 0,2$ V; à 220°K, $\Delta V_{\text{calc}} = 0,095 \pm 0,01$ V.

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur l'effet des ondes ultrasoniques transversales dans les solutions de hauts polymères.* Note (*) de M. **Roger Cerf**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La méthode du cristal de torsion introduite par Mason [1] permet de mesurer la viscosité d'un liquide dans un écoulement laminaire périodique à des fréquences ultrasoniques. Confirmant les prédictions de Maxwell [2], Mason trouve qu'en haute fréquence un liquide pur est non seulement visqueux mais également élastique, autrement dit sa viscosité est une quantité complexe, que l'on peut écrire sous la forme suivante :

$$\eta_0^* = \frac{\eta_0}{1 + i\omega\tau}, \tag{1}$$

ω étant la pulsation, et η_0 la viscosité mesurée dans un écoulement statique. Le temps de relaxation τ_0 est égal à η_0/μ_0, où μ_0 représente le module d'élasticité de Lamé (coefficient de cisaillement).

Les solutions de macromolécules en chaînes, même très diluées, montrent une élasticité notable pour des fréquences relativement basses [3] (ω de l'ordre de 10^5). Écrivant la viscosité complexe η_s^* de la solution sous la forme (1), il apparaît que les coefficients η_s et τ_s pour la solution dépendent de la pulsa-

(6) *Voir* par exemple la discussion dans : Mott and Gurney, *Electronic processes in ionic crystals,* Oxford-Clarendon Press, 1940, p. 194.

(*) Séance du 29 octobre 1951.

(1) W. P. Mason, *Trans. Amer. Soc. Mech. Eng.,* 69, 1947, p. 359.

(2) J. C. Maxwell, *Phil. Trans. Roy. Soc.,* 157, 1867, p. 49.

(3) W. O. Baker, W. P. Mason et J. H. Heiss, à paraître au *J. Polymer. Sc.*

tion ω. L'expérience montre en particulier que la viscosité η_s décroît lorsque ω augmente et finit par s'écarter notablement de la viscosité statique que l'on peut mesurer avec un tube capillaire.

Nous avons fait l'étude théorique du phénomène pour les solutions infiniment diluées de molécules en chaînes en utilisant comme modèle moléculaire une sphère élastique caractérisée par son élasticité μ et sa viscosité interne η_i. L'étude de la biréfringence d'écoulement avait précédemment démontré la valeur de ce modèle ([4]). Avec différentes approximations, négligeant les termes d'inertie et supposant que η_i soit grand devant la viscosité η_0 du solvant, nous avons obtenu pour la partie réelle de la viscosité spécifique et pour le temps de relaxation les formules suivantes :

$$(2) \qquad (\eta_{sp})_{\text{réel}} = \frac{\eta_s - \eta_0}{\eta_0} = 2,5\,c\left[1 - 2,5\,\frac{\eta_0(\eta_i + 1,5\,\eta_0)\,\omega^2}{\mu^2 + (\eta_i + 1,5\,\eta_0)^2\omega^2}\right],$$

$$(3) \qquad \tau_s = 6,25\,c\,\frac{\mu\eta_0}{\mu^2 + (\eta_i + 1,5\,\eta_0)^2\omega^2},$$

où c représente la concentration en volume. Le calcul s'appuie sur certains résultats de G. I. Taylor concernant le comportement d'une goutte liquide dans un écoulement laminaire statique ([5]).

La particule effectue une rotation périodique de pulsation ω dont l'amplitude est très faible en haute fréquence. La déformation de la particule est négligeable à basse fréquence. Elle reste petite à très haute fréquence, alors que le contour extérieur garde au cours du temps une position fixe, les axes principaux étant respectivement parallèle et perpendiculaire à la direction de propagation des ondes de cisaillement.

Pour $\omega = 0$, en champ statique, l'expression (2) se réduit à la formule bien connue d'Einstein donnant la viscosité spécifique statique d'une suspension de sphères rigides ([6]). La viscosité spécifique réelle diminue lorsque la fréquence s'accroît. Le module d'élasticité de la solution $\mu_s = \eta_0/\tau_s$ est inversement proportionnel à la concentration de la solution. C'est une fonction croissante de la fréquence.

1° Du point de vue qualitatif, les formules (2) et (3) sont en accord avec l'ensemble des résultats expérimentaux connus ([3]).

2° La théorie fournit une explication plausible d'un fait qui paraissait jusqu'ici obscur : la diminution du module d'élasticité d'une solution diluée de molécules en chaînes lorsque la température augmente. La formule (3) montre en effet que pour $\omega > \mu/(\eta_i + 1,5\,\eta_0)$, le module d'élasticité de la solution varie en sens inverse du module d'élasticité de la particule. Admet-

---

([4]) R. Cerf, *J. Chim. Phys.*, **48**, 1951, p. 59 et 85.

([5]) G. I. Taylor, *Proc. Roy. Soc. A.*, **146**, 1934, p. 501.

([6]) A. Einstein, *Ann. Physik*, **19**, 1906, p. 289.

tant que ce dernier présente un comportement normal, c'est-à-dire que μ croît lorsque la température augmente, il apparaît ainsi qu'à haute fréquence le module d'élasticité de la solution présente un comportement apparemment anormal et décroît lorsque la température augmente.

3° Les formules (2) et (3) permettent de calculer *pour chaque valeur de la fréquence* les coefficients moléculaires μ et η_i à partir des résultats expérimentaux. On sait que les mesures de biréfringence d'écoulement permettent également de déterminer les coefficients μ et η_i ([4]), *mais seulement à fréquence nulle*. Pour les molécules de polystyrène η_i dépend relativement peu de la fréquence tandis que μ s'accroît rapidement avec la fréquence.

4° L'extrapolation à fréquence nulle des valeurs de μ et η_i fournies par le cristal de torsion doit conduire au même résultat que les mesures de biréfringence si le modèle de la sphère élastique possède une valeur quantitative. Des expériences utilisant le cristal de torsion ont été effectuées aux Bell Telephone Laboratories par les soins de MM. les Docteurs Baker, Mason et Heiss sur les substances mêmes que j'avais étudiées par biréfringence d'écoulement. Il n'a pas été possible jusqu'à présent d'utiliser le solvant que j'avais employé dans les mesures de biréfrigence, mais les résultats déjà obtenus sont des plus encourageants.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Résonance quadrupolaire de* Cl^{35} *et* Cl^{37} *dans* p-$C_6H_4Cl_2$. Note (*) de MM. **Maurice Buyle-Bodin** et **Daniel Dautreppe**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Nous avons entrepris l'étude ([1]) de la résonance quadrupolaire en transposant les techniques mises au point pour la résonance magnétique au laboratoire du Professeur Grivet; nous avons pu moduler en fréquence l'oscillateur à superréaction décrit par Soutif ([2]) par un procédé mécanique (condensateur à lame vibrante), en lui conservant une bonne sensibilité. Les raies quadrupolaires étant difficiles à saturer, une grande intensité d'oscillation s'est avérée favorable; d'autre part il a été possible d'augmenter le volume de la bobine (25 cm³ aux environs de $\nu = 35$ MHz), tout en l'éloignant assez de l'oscillateur pour faire des mesures dans l'azote liquide ($T = 83°$ K) et dans l'hydrogène liquide ([3]) ($T = 21°$ K). La mesure des fréquences est faite par superposition à la raie d'un signal produit par un ondemètre hétérodyne, et

(*) Séance du 22 octobre 1951.

([1]) Ces mesures ont pu être faites au laboratoire du C.N.R.S. à Bellevue, par MM. Jacquinot et Barbaron.

([2]) *Contribution à l'étude du paramagnétisme mucléaire* (à paraître dans la *Revue Scientifique*).

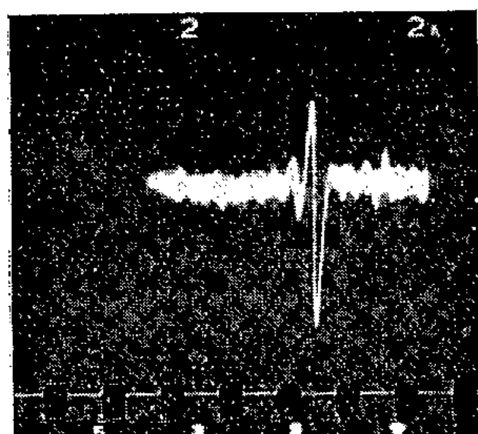
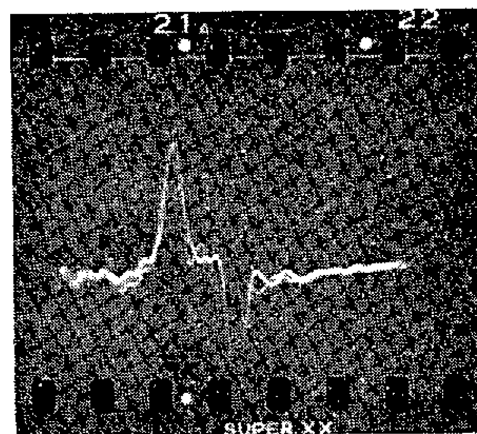
([3]) *Phys. Rev.*, **82**, n° **2**, 1951, p. 289.

la précision laisse encore à désirer dans ces expériences préliminaires (1/1000 environ).

2. Nous avons d'abord vérifié notre montage en répétant les expériences de M. K. Livington [3] sur ^{35}Cl dans $CHCl_3$, $POCl_3$ et C_6H_5Cl, puis nous avons étudié le paradichlorobenzène sur la suggestion du Professeur Kastler. Nous avons vérifié l'hypothèse suivante : en première approximation on peut négliger dans p-$C_6H_4Cl_2$ la contribution d'un noyau Cl, ou gradient du champ électrique au voisinage du noyau de son partenaire Cl et par conséquent la fréquence de résonance de Cl dans p-$C_6H_4Cl_2$ doit être voisine de celle de C_6H_5Cl. Ces prévisions ont été confirmées par les mesures pour ^{35}Cl comme pour ^{37}Cl.

	$\nu^{35}Cl$ (MHz).	$\nu^{37}Cl$ (MHz).	$\frac{\nu_{35}}{\nu_{37}}$.
p-$C_6H_4Cl_2$	34,17	26,95	1,268
C_6H_5Cl (Livington)	34,6216	27,2872	1,26879

3. Le montage s'est montré assez sensible pour déceler la résonance de ^{35}Cl, dans le paradichlorobenzène, *monocristallisé* et *polycristallin* à la *température ordinaire* (20°C), ce qui laisse espérer l'application commode du phénomène à la stabilisation des fréquences.

4. A la température de l'hydrogène liquide nous avons pu observer le dédoublement de la raie de ^{35}Cl; ce phénomène ne semble pas simplement corrélatif de l'amélioration considérable du rapport du signal au bruit de fond aux basses températures, car le signal est déjà puissant et unique à $T = 83°$. Il est possible qu'il soit dû à une structure fine, décelable à 21°K par suite du rétrécissement de la largeur de la raie, due à l'effet thermique (augmentation du temps T_1). Une étude de cette hypothèse par Y. Ayant est en cours.

5. Nous avons mesuré la largeur de la raie de ^{35}Cl à 293°K. Elle est d'environ 2,7 KHz, en accord satisfaisant avec les prévisions théoriques de Y. Ayant [4] qui donne 2,4 KHz comme effet de l'interaction spin-spin, sans tenir compte de l'effet thermique.

---

(4) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 949.

6. Il semble donc qu'on ait affaire à deux mécanismes d'élargissement des raies dans ^{35}Cl d'une part, Br et I d'autre part. Ces deux derniers noyaux présentent des largeurs de raie élevées qui semblent incompatibles avec un mécanisme spin-spin; de plus cette interaction n'expliquerait pas le rapport 2 observé par Dehmelt (5) entre les largeurs des deux raies de l'iode. Autrement dit, avec les notations courantes en résonance magnétique nucléaires (6) on a pour les noyaux Br et I : $T_1 \ll T_2^*$, alors que nos expériences montrent au contraire que $T_1 \gg T_2^*$. Cette différence entre ces divers noyaux s'explique par la différence considérable de leurs moments quadrupolaires, donc de leur interaction spin-milieu.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Relation entre la chaleur de mouillage et l'adsorbabilité des composés organiques liquides sur les surfaces solides.* Note (*) de M. **Louis Robert**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans une Note précédente j'ai établi un classement des composés organiques par leur degré d'adsorbabilité vis-à-vis des surfaces de gels de silice et d'alumine en particulier. Ce classement, opéré à l'aide des isothermes d'adsorption de mélanges binaires, est un classement relatif. Par des mesures de chaleur de mouillage de divers composés sur des gels de silice et d'alumine déshydratés (1), j'ai pu retrouver les classements déjà indiqués, mais chaque composé est cette fois repéré par sa chaleur de mouillage en calories par mètre carré de surface du solide, ou en ergs par centimètre carré (2). Les mesures indiquées dans le tableau ci-après ont été effectuées dans un calorimètre sensible.

Gel de silice.

	Cal : m².	erg : cm².
Alcool éthylique	0,05	205
Alcool isopropylique	0,041	172
Eau	0,040	167
Benzène	0,038	159
Pentène	0,038	159
Tétraline	0,030	125
Toluène	0,028	117
n-Butylbenzène	0,0275	115
Hexane	0,023	96
Heptane	0,0195	81
Octane	0,018	75

Gel d'alumine.

	Cal : m².	erg : cm².
Eau	0,12	500
Alcool éthylique	0,117	490
Benzène	0,043	180
Hexane	0,024	100

(5) *Z. Phys.*, Bd 130, 1951, p. 356-370.

(6) M. Soutif, *J. Phys. Rad.*, série VIII, 10, n° 11, 1949.

(*) Séance du 29 octobre 1951.

(1) Il s'agit d'un trihydrate d'aluminium, activé thermiquement à 250° C.

(2) Les surfaces des solides ont été déterminées par la méthode B. E. T. à l'azote.

Le solide en poudre après chauffage sous vide à 110° pendant une heure est scellé dans une ampoule de verre qui, ensuite, est brisée au sein du liquide étudié, dont on mesure l'élévation de température. La surface spécifique du gel de silice était de 690 m^2 : g et celle du gel d'alumine de 150 m^2 : g.

La chaleur de mouillage par mètre carré peut donc représenter une valeur absolue du degré d'adsorbabilité d'un liquide vis-à-vis d'un solide.

On peut remarquer que les chaleurs de mouillage au mètre carré de surface sont du même ordre de grandeur sur le gel de silice et le gel d'alumine pour le benzène et l'hexane. Par contre l'alcool éthylique a une chaleur de mouillage deux fois et demie plus élevée et l'eau trois fois plus élevée sur le gel d'alumine que sur celui de silice.

Par ailleurs j'ai pu déterminer par chromatographie de mélanges benzène-heptane la quantité de benzène que peut absorber un mètre carré de surface de gel de silice. On trouve $3,06\ 10^{-6}$ mole : m^2. On peut en déduire que la chaleur de mouillage par mole de benzène adsorbée est égale à 12 660 calories. D'autre part, si l'on suppose le benzène adsorbé en une couche monomoléculaire, la surface moyenne occupée par une molécule de benzène adsorbé sur le gel de silice vaut 53,8 Å². Cette valeur est à rapprocher de la surface d'encombrement géométrique σ du benzène calculée par J. F. Joliet (3) $= 40,12$ Å².

Je signalerai aussi les variations de chaleur de mouillage du gel d'alumine par l'eau et l'alcool éthylique, pour diverses températures de traitement thermique du gel. Les chaleurs de mouillage ont toutes été déterminées à 20° C.

Températures de traitement (pendant 1 heure).	300°.	500°.	700°.	900°.
H_2O (cal : m^2)	0,12	0,15	0,19	0,08
CH_3CH_2OH (cal : m^2)	0,117	0,12	0,11	0,20

On voit l'influence des modifications de structure du gel d'alumine sur les chaleurs de mouillage, c'est-à-dire sur les interactions solide-molécules.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de complexes cuivriques formés avec le glycocolle, la β-alanine et la leucine.* Note (*) de M. **Pierre Dupuy**, présentée par M. Paul Pascal.

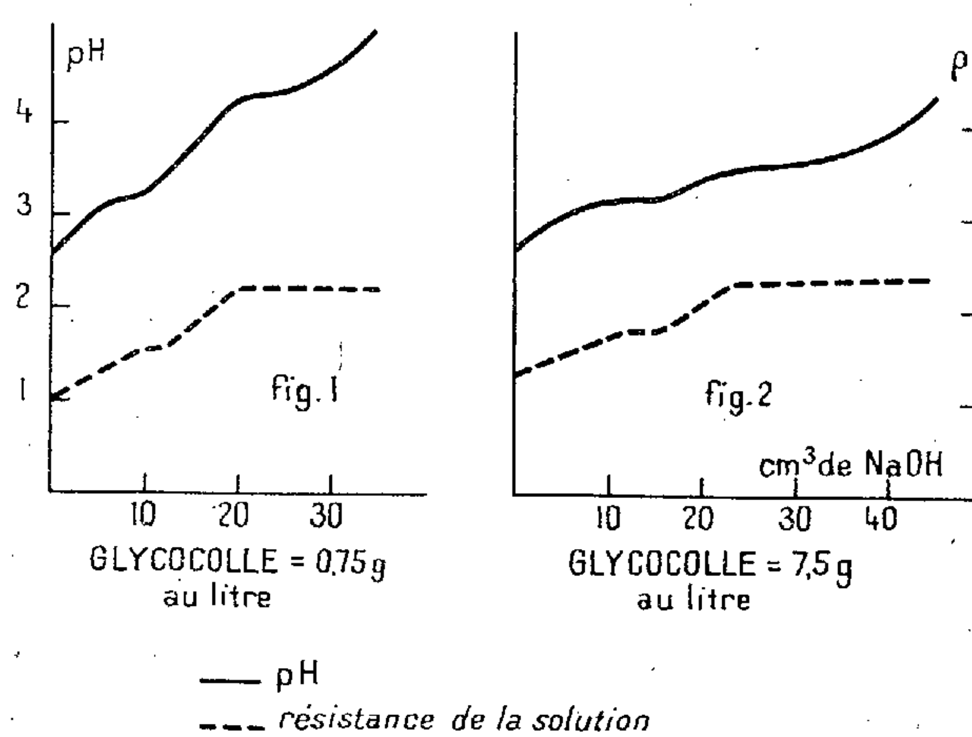
L'apparition des complexes cuivriques formés avec certains acides aminés qui ont déjà fait l'objet de nombreux travaux, a été étudiée en fonction du pH en contrôlant ce dernier avec une électrode à quinhydrone. Si la présence d'acides aminés n'altère pas le bon fonctionnement de cette dernière, celle du

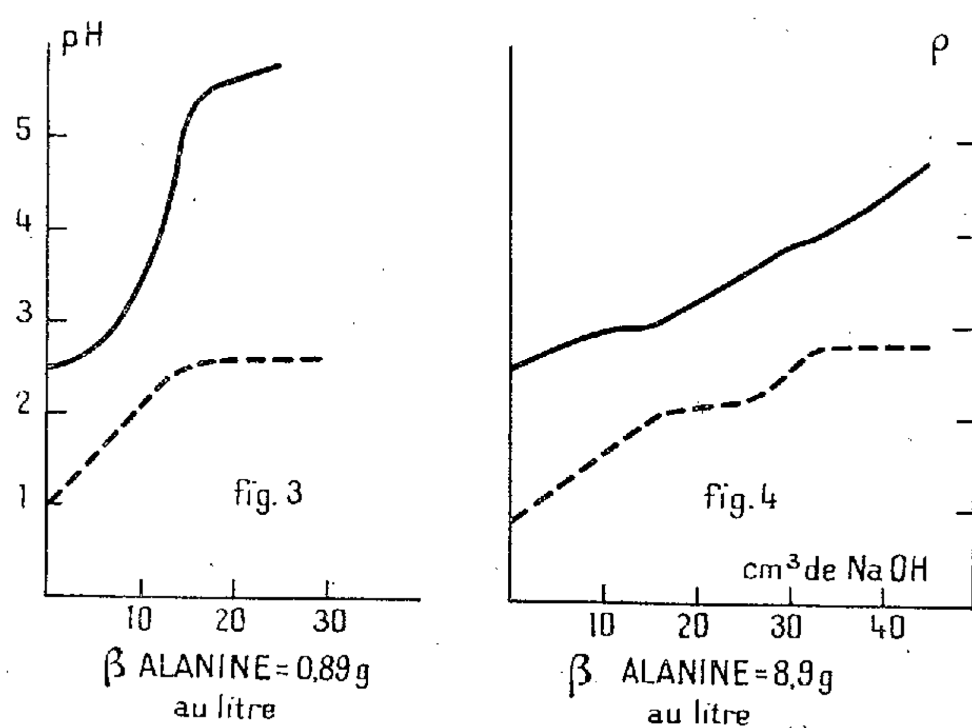
(3) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 309.

(*) Séance du 29 octobre 1951.

cuivre dans les complexes étudiés ainsi que dans de nombreux sels (chlorures, nitrates, sulfates) provoque un brunissement de la quinhydrone à pH 6 rendant impossibles les mesures aux pH supérieurs.

Une solution de chlorure cuivrique était additionnée d'une solution de l'acide aminé puis le pH de l'ensemble était modifié par addition de soude ou d'acide chlorhydrique suivant le cas. L'apparition des complexes, indiquée par les paliers de la courbe de variation du pH, était contrôlée par des mesures de variation de la résistance des solutions. Les quantités d'acide intervenant pour une quantité donnée de cuivre ont été déterminées aux pH caractéristiques par des mesures de conductivité.





Les résultats suivants ont été observés : pour le glycocolle (G) : un complexe G_2Cu à pH 4,2 pour des solutions contenant 0,75 g de glycocolle par litre (*fig.* 1). Si l'on augmente la concentration du glycocolle, le pH d'apparition de G_2Cu diminue jusqu'à pH 3,5 pour des solutions à 7,5 g de glycocolle au

litre (*fig.* 2). D'autre part un complexe de la forme GCu existe à pH 3,2 et est indépendant de la concentration en glycocolle. Des résultats analogues ont été observés avec la β-alanine (*fig.* 3 et 4). Avec la leucine (L), par contre, on ne peut prévoir dans ce domaine qu'un complexe de la forme LCu entre pH 4 et pH 4,5; il semble que le pH d'apparition de ce complexe soit aussi modifié par les variations de la concentration en leucine, mais la faible solubilité de cette dernière rend les mesures difficiles.

Il a été possible de concentrer de telles solutions en maintenant leur pH constant. On voit à un moment donné se former au sein des solutions des cristaux que l'on isole par filtration et qu'on analyse ensuite. Des solutions de glycocolle et de chlorure cuivrique concentrées à pH 4 ont donné de longues aiguilles bleu sombre souvent groupées en oursins qui ont pour formule $(H_2N—CH_2—COO)_2Cu$; une solution identique concentrée à pH 3 constant a laissé cristalliser des aiguilles bleu vert ayant une composition correspondant à la formule : $H_2N—CH_2—COO—Cu—Cl, 2H_2O$, la quantité d'eau de cristallisation étant difficile à déterminer, car le cristal retient une quantité d'eau variable difficile à déterminer, le produit étant détruit par un chauffage à 70°. Une solution de β-alanine et de chlorure cuivrique concentrée à pH 3,5 permet d'isoler de courtes aiguilles vertes dont la composition répond à la formule : $H_2N—CH_2—CH_2—COO—Cu—Cl, 2H_2O$ difficile à séparer de l'eau mère; une solution identique concentrée à pH 4,5 laisse déposer des aiguilles bleues, aplaties et groupées en faisceaux dont la composition répond à la formule : $(H_2N—CH_2—CH_2—COO)_2Cu$. Une solution de leucine et de chlorure cuivrique concentrée à pH 4,5 constant laisse cristalliser un mélange de cristaux de leucine et d'un produit bleu sombre qui se décompose spontanément en un produit jaune verdâtre lorsqu'il est desséché; à des pH inférieurs cette solution permet d'isoler un produit jaune vert contenant de la leucine, du cuivre, du chlore suivant des proportions qui se rapprochent assez d'une formule qui ferait intervenir : I leucine, I Cu, I Cl.

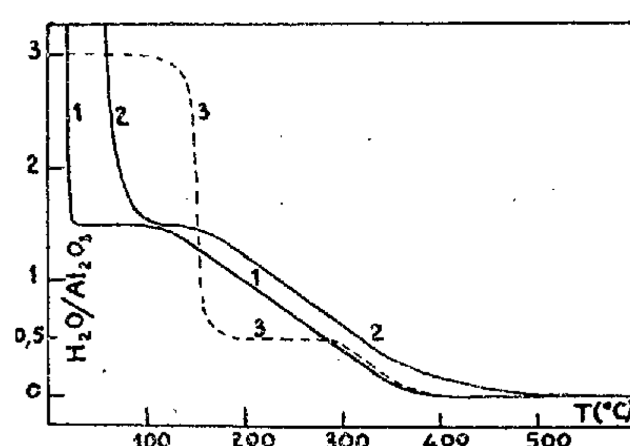
CHIMIE PHYSIQUE. — *Modifications de texture et de structure d'un gel de boehmite au cours de sa déshydratation.* Note de MM. **Louis Blanchin**, **Boris Imelik** et **Marcel Prettre**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note (1) nous avons montré que la déshydratation progressive de l'hydrargillite implique l'apparition d'une phase moins hydratée à structure de boehmite. Cette phase est la seule présente dans le solide ayant une composition très voisine de $2Al_2O_3, H_2O$ et elle est stable dans un intervalle de quelque 100° au-dessus de la température minimum strictement

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1029.

nécessaire à son obtention. Il était intéressant de confronter à ces résultats les caractères de la déshydratation de la boehmite. Dans ce but, nous avons examiné, par les mêmes méthodes que précédemment, ce composé préparé à l'état de gel par action à chaud d'un acide sur une solution d'aluminate de sodium.

La thermogravimétrie sous vide comme à la pression ordinaire, toujours mise en œuvre par chauffages isothermes successifs jusqu'à poids constant, a permis de définir la perte de poids maximum qu'entraîne le départ d'eau à chaque température. Les courbes 1 ($p = 0{,}001$ mm) et 2 ($p = 750$ mm) de la figure traduisent les résultats de ces mesures. A titre de comparaison, la courbe 3 représente l'évolution correspondante de l'hydrargillite déshydratée sous vide.



Les courbes 1 et 2 indiquent un arrêt de la perte de poids dans un intervalle de 60 à 80° selon la pression. Ainsi que l'ont montré les travaux de Teichner (²) sur de nombreux solides hygroscopiques et poreux, ce palier des courbes caractérise la fin du départ de l'eau adsorbée. La composition chimique du gel totalement désorbé répond très sensiblement à la formule $2\,Al_2O_3,\ 3\,H_2O$. Malgré cette teneur en eau supérieure de 50 % à celle prévue par la formule de la boehmite, les examens aux rayons X des échantillons totalement ou incomplètement désorbés prouvent que ces solides ont une structure monophasée de boehmite en microcristaux de 60 à 70 Å environ. Ils montrent l'absence de phase amorphe et d'hydrargillite. L'adsorption chimique d'eau ne saurait à elle seule retenir à la surface pourtant importante du gel (300 m² : g) une molécule d'eau supplémentaire pour deux molécules d'alumine. La structure boehmite de notre gel microcristallin correspond donc à une composition chimique anormale.

La déshydratation proprement dite de la boehmite est représentée par les portions inclinées des courbes 1 et 2. Elle progresse régulièrement avec la température et est achevée vers 400 ou 500° selon la pression. A l'opposé de ce qui fut constaté pour l'hydrargillite, il n'est pas observé ici un arrêt de l'évo-

(²) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1337 et 227, 1948, p. 392.

lution quand le solide parvient à la composition $2\,Al_2O_3, H_2O$. Mais celle-ci n'est atteinte qu'à la température où l'unique phase solide correspondante cesse d'être stable. Les courbes 1 et 3 mettent clairement ce fait en évidence et indiquent aussi qu'à partir de cette teneur en eau, la dissociation sous vide des deux hydrates conduit à chaque température à la même composition chimique.

La texture poreuse très développée acquise par le gel au cours de sa précipitation se maintient sans modification importante jusqu'au terme de la déshydratation. Ce n'est que pour des solides presque anhydres que la surface commence à décroître, mais elle ne le fait de manière notable qu'au-dessus de 500°C.

L'examen aux rayons X des échantillons partiellement déshydratés montre que la structure microcristalline monophasée se conserve tant que le solide a une teneur en eau comprise entre 1,5 et 0,5 H_2O/Al_2O_3, c'est-à-dire tant que n'est pas atteint le taux de déshydratation pour lequel le produit de décomposition incomplète de l'hydrargillite est lui aussi un solide monophasé à structure de boehmite. Il faut une dissociation plus poussée pour qu'apparaisse à côté de la boehmite une seconde phase solide qui a été identifiée à l'alumine η ([3]).

Les travaux résumés dans la présente Note et dans une Note précédente (*loc. cit.*) sur les hydrates d'alumine et leurs produits de décomposition partielle montrent que des méthodes de voie humide comme de voie sèche donnent toute une gamme de solides à phase unique de composition chimique très variable mais possédant tous l'organisation structurale de la boehmite. Ces solides entrent donc dans la catégorie des *combinaisons non stœchiométriques*. Les écarts considérables à la stœchiométrie observés dans le cas présent sont à rapprocher des propriétés interfaciales particulièrement prononcées que possèdent aussi bien le gel initial que les produits de déshydratation de l'hydrargillite et de la boehmite dont la composition est voisine de $2\,Al_2O_3, H_2O$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse des traces de sodium, de cuivre et de terres rares dans l'aluminium de haute pureté par la méthode d'activation à la pile.* Note de MM. **Philippe Albert, Michel Caron** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Albert Portevin.

Les aluminiums très purs obtenus par double électrolyse sont identifiés par des analyses qui permettent de déterminer les teneurs en silicium, en fer et en cuivre. Il en résulte un titre conventionnel dont la valeur

([3]) Stumpf, Russell, Newsame et Tucker, *Ind. Eng. Chem.*, 42, 1950, p. 1398.

varie de 99,990 à 99,998. Des recherches récentes ont montré des écarts très importants entre certaines propriétés de ces aluminiums (¹).

Nous nous sommes proposé de pousser aussi loin que possible l'analyse des traces des éléments non encore dosés grâce à la méthode des isotopes radioactifs obtenus par activation à la pile de l'échantillon. Nous montrerons que l'on peut doser ainsi le sodium et également obtenir dans les mêmes opérations la teneur en cuivre avec une sensibilité particulièrement élevée. De plus, on peut évaluer les traces de terres rares (²).

On irradie dans un flux de neutrons thermiques pendant 60 h environ un échantillon d'un gramme. Sous l'action des neutrons thermiques, le sodium contenu dans l'aluminium est transformé en Na_{24} radioactif (période 14 h 8), et également le cuivre est transformé en Cu_{64} radioactif (période 12 h 8). De même, les terres rares sont transformées en isotopes radioactifs. Il est nécessaire de déterminer la position limite que peut occuper l'échantillon dans le ralentisseur de graphite pour éviter la réaction Al_{27} $(n\alpha)$ Na_{24} bien connue des neutrons rapides sur l'aluminium.

Les éléments à doser par cette méthode sont séparés ensuite au moyen des trois groupes d'opérations chimiques suivantes :

Premier groupe. — Nous séparons le cuivre par précipitation du sulfure de cuivre au moyen de l'hydrogène sulfuré en milieu chlorhydrique. Le cuivre radioactif est entraîné complètement grâce à une addition dans la liqueur, d'ions cuivre inactifs. Après la filtration du cuivre, nous séparons l'aluminium par saturation de la solution au moyen d'un courant d'acide chlorhydrique gazeux, qui donne le chlorure d'aluminium cristallisé à 6 mol d'eau. Celui-ci précipite et l'on vérifie qu'il est inactif.

Deuxième groupe. — Après élimination de l'acide chlorhydrique, on sépare en même temps le gallium et les terres rares à l'état d'hydroxydes par une addition d'ammoniac à la liqueur. Dans ces aluminiums obtenus par double électrolyse, on ne trouve pas de gallium. Il peut, au contraire, être dosé par cette méthode dans les aluminiums non raffinés.

Troisième groupe. — Il reste enfin dans la solution les métaux alcalins et nous obtenons une période pure correspondant au sodium radioactif. Il est important de remarquer que ce sodium provient nécessairement de l'échantillon irradié. En effet, la surface de l'échantillon a été décapée après irradiation et le sodium inactif qui s'introduit au cours des manipulations, soit par les réactifs, soit par les récipients, ne peut évidemment intervenir dans le comptage.

(¹) H. CHOSSAT, M. MOUFLARD, P. LACOMBE et G. CHAUDRON, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 432.

(²) P. ALBERT, M. CARON et G. CHAUDRON, *Isotope Techniques Conférence*, Oxford, vol. 2, 1951.

Le dosage est fait par comparaison avec des étalons renfermant l'élément dosé à une teneur convenable pour une analyse habituelle.

Il est à remarquer que la pureté de nos différents précipités est vérifiée grâce à la détermination de la courbe de décroissance de la radioactivité de chaque précipité. Toutefois nous avons constaté que le précipité de sulfure de cuivre adsorbe une certaine quantité de terres rares, notamment l'holmium (période 27 h) et le samarium (période 47 h).

L'étude des précipités d'hydroxydes montre que la teneur totale en terres rares est très faible, de l'ordre de 1/10 à 1/100e de celles du cuivre et du sodium.

Nos analyses montrent que les aluminiums 99,998 contiennent environ $4,10^{-6}$ de sodium et $2,10^{-6}$ de cuivre, tandis que les aluminiums 99,990 contiennent de 6 à $8,10^{-6}$ de sodium et de 3,5 à $10,10^{-6}$ de cuivre. Ces résultats confirment et accentuent l'écart des titres extrêmes des aluminiums de haute pureté et ayant des propriétés assez différentes. D'autre part, dans notre étude, nous avons montré la possibilité d'effectuer pratiquement un dosage fin du sodium sur des aluminiums très purs ou industriels.

Des expériences de refusion sous un vide de 10^{-2} mm de mercure à une température de 750° pendant 14 h ont montré que l'on élimine une grande partie du sodium contenu dans l'éprouvette. Les teneurs en sodium passent de $6,5\ 10^{-6}$ à $1,6 \pm 0,1\ 10^{-6}$. Ce résultat est en accord avec la méthode de dosage du sodium par distillation sous vide, qui a été préconisée récemment par Mac Camley (3).

ÉLECTROCHIMIE. — *Cryoscopie dans le borate de lithium fondu.* Note (*) de MM. **Eugène Darmois** et **Georges Zarzycki**, présentée par M. Jean Cabannes.

A l'heure actuelle on possède relativement peu de données sur l'état d'ionisation des corps en solution dans des solvants à point de fusion élevé.

Nous citerons seulement l'étude de M. Rolin sur des cryoscopies dans la cryolithe fondue à 1008° C (1) complétée par celle de G. Petit (2).

Nous avons cherché à étendre le champ de ces recherches au domaine des températures inférieures à 1000° C. Comme solvant nous avons choisi le métaborate de lithium BO_2Li dont le point de fusion est de 840° C (3).

La présente Note donne les premiers résultats de cette étude.

(3) W. Mc Camley, T. E. L. Scott et R. Smart, *The Analyst*, **76**, 1951, (901), p. 200.

(*) Séance du 22 octobre 1951.

(1) M. Rolin, *Thèse*, Paris, 1950.

(2) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1555 et **233**, 1951, p. 615.

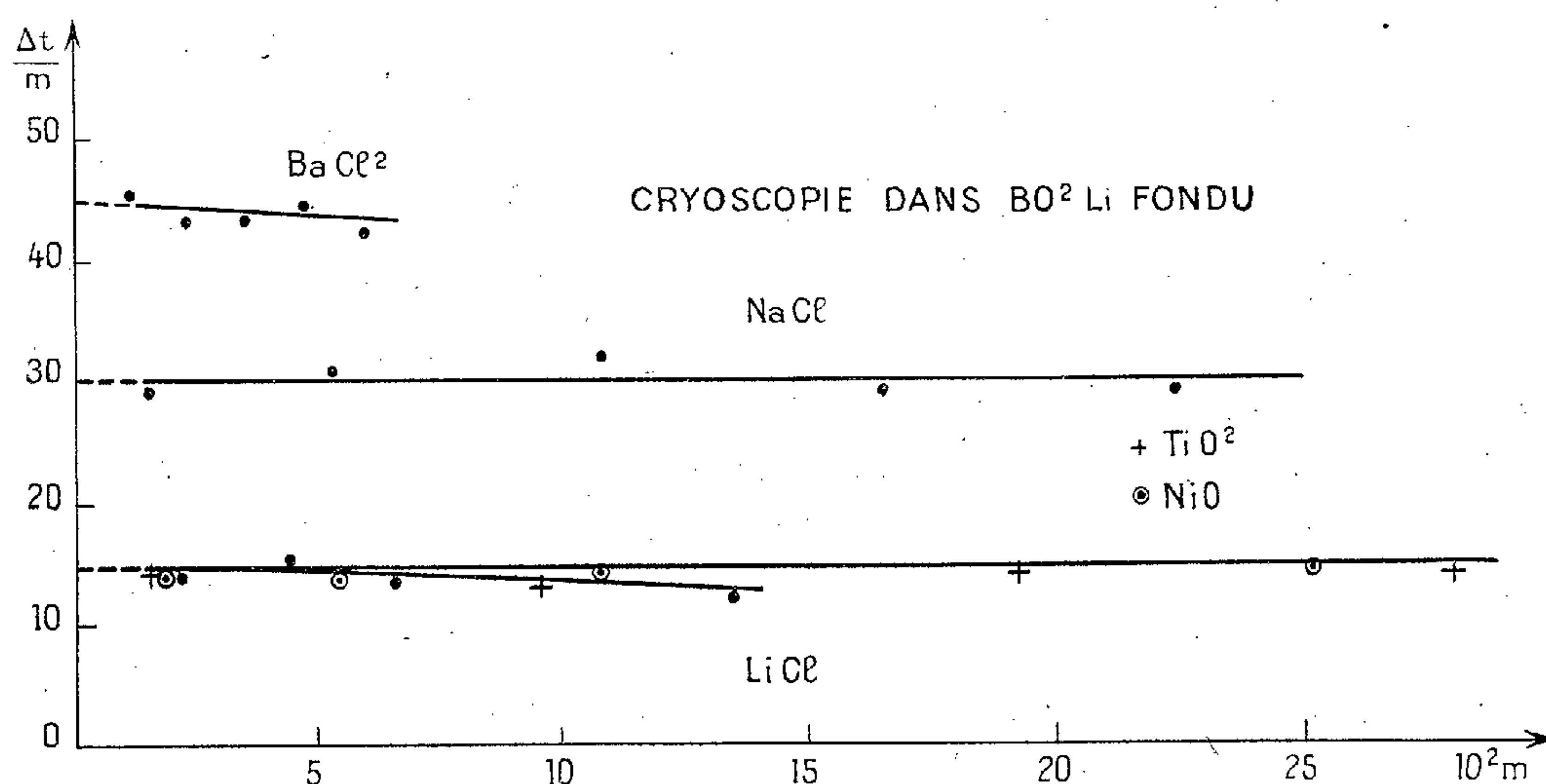
(3) Ribaud, *Dipl. et. sup.*, Paris, 1909.

Le métaborate de lithium employé a été préparé par nous. Les détails sur cette fabrication ainsi que sur la prise de la température (au moyen d'un couple Le Chatelier) seront donnés ultérieurement.

La méthode consiste essentiellement à comparer les courbes de refroidissement de BO_2Li pur et des solutions préparées au préalable par pesées et soumises à des conditions de refroidissement aussi semblables que possible. La précision est de 1/10° C et les abaissements dépassent rarement 6° C. Nous donnons, à titre d'exemple, le tableau des résultats relatifs aux solutions de NaCl, et les courbes cryoscopiques des solutions de LiCl, NaCl, $BaCl_2$, TiO_2 et NiO.

NaCl.	$10^2 m$	1,55	5,33	10,80	16,50	22,40
	Δt	0,46	1,66	3,49	4,91	6,58
	$\frac{\Delta t}{m}$	29,6	31,2	32,3	29,7	29,4

m est la molarité rapportée à 1000 g de solvant; Δt l'abaissement cryoscopique; $\Delta t/m$ l'abaissement molaire.



Les courbes de $\Delta t/m$ en fonction de m extrapolées à l'origine fournissent la valeur de l'abaissement molaire limite justiciable des lois de Raoult. Les cinq substances citées donnent respectivement les abaissements molaires limites suivants : 15, 30, 45, 15 et 15.

Le théorème de Stortenbeker ([4]) permet d'interpréter ces résultats :

1° BO_2Li est dissocié en BO_2^- et Li^+.

([4]) *Voir* E. Darmois, *Bull. Un. des Phys.*, 1933.

2° Les chlorures sont entièrement dissociés en leurs ions et donnent des abaissements simple, double ou triple suivant le nombre d'ions étrangers apportés au solvant.

3° La constante cryoscopique du BO_2Li est $K = 15$.

4° Les oxydes TiO_2 et NiO donnent l'abaissement simple.

On ne possède pas de données sur la chaleur de fusion de BO_2Li. L'application de la formule de Van't Hoff à la constante cryoscopique :

$$K = \frac{RT^2}{JL_f}\frac{M_1}{1000}$$

conduirait à la chaleur de fusion $L_f = 8{,}25$ kcal : mole. A la précision de la méthode, on admettra la valeur : $L_f = 8{,}3 \pm 0{,}6$ kcal : mole.

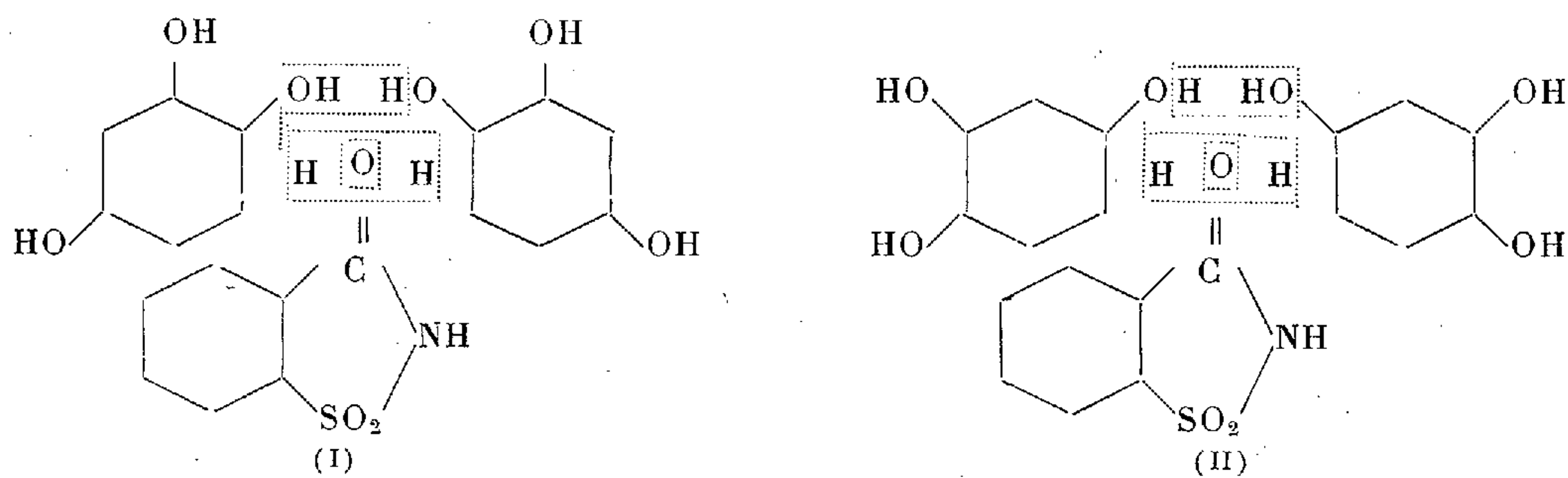
CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du germanium.* Note (*) de MM. **Arakel Tchakirian** et **Pierre Bevillard**, présentée par M. Paul Pascal.

Grâce aux réactifs étudiés dans les précédentes publications, il a été possible de mettre au point un dosage gravimétrique du germanium; la séparation et le titrage ont été obtenus par l'emploi du dihydroxy-3.4 azobenzène.

Le réactif a pour formule : dihydroxy-3.4 azobenzène : 1 g; alcool à 95° : 100 cm³.

On traite 5 cm³ de la solution à essayer, renfermant de l'ordre de 20 mg de germanium par 30 cm³ de réactif et l'on ajoute 6 cm³ d'acide chlorhydrique concentré. Le précipité grenat est filtré, lavé à l'eau chlorhydrique, séché, calciné et pesé. La calcination peut s'effectuer en présence d'acide nitrique pur. Le germanium est pesé à l'état de bioxyde GeO_2.

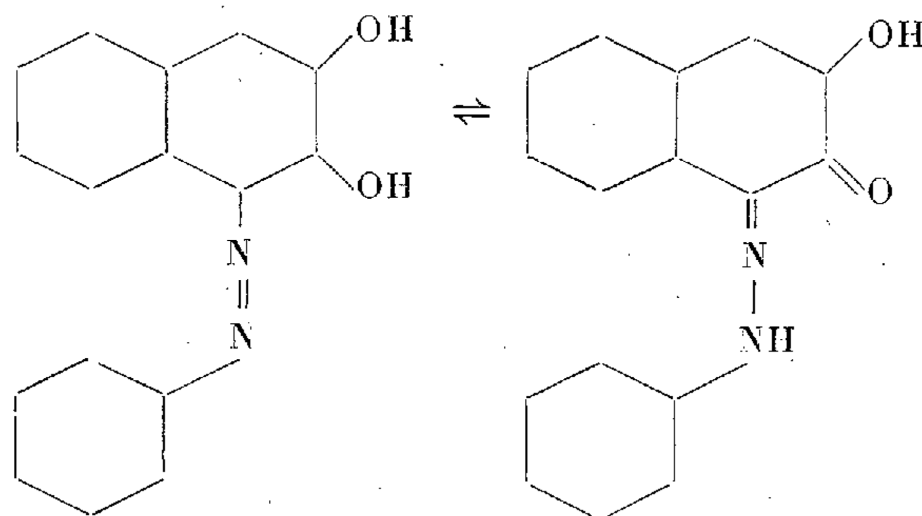
L'application des réactions signalées dans des Notes antérieures à l'analyse des structures organiques semble immédiate : les anthocyanidines portant un noyau orthodiphénol et transposable donnent des colorations en présence d'oxyde de germanium. Tels sont les dérivés de la cyanidine et de la delphinidine, ceux de la pélargonidine par contre restent inactifs.



(*) Séance du 29 octobre 1951.

On peut éclaircir certains modes de condensation, tel celui de la saccharine ([1]) avec l'hydroxyhydroquinone. Contrairement à l'auteur ayant étudié le composé formé, nous ne pensons pas que la condensation réponde au schéma (I), mais bien au schéma (II), car le composé donne une réaction avec le germanium, ce qui exige 2 OH en position ortho. Ceci serait d'ailleurs conforme à ce qu'on sait des condensations de l'hydroxyhydroquinone avec l'anhydride phtalique ou avec les aldéhydes.

Nous avons enfin tenté d'étudier un composé orthodiphénol portant en position de l'un des OH un substituant susceptible d'entraîner une prototropie du noyau. A cet effet, nous avons copulé le diazoïque de l'aniline avec le dioxy-2.3 naphtalène, réaction signalée par Friedlander ([2]). Le colorant obtenu présente deux formes en milieu acide :



sa solution alcoolique donne un précipité violet rose vif en milieu suffisamment acide en présence de germanium. On peut donc élargir l'hypothèse précédemment énoncée concernant les réactifs du germanium.

1° la molécule doit porter deux fonctions phénol en position ortho.

2° en position ortho ou para de l'une d'elles doit exister un groupement susceptible de produire la prototropie du noyau.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation de l'acide nitrique au laboratoire. Densité à 15° C.* Note (*) de M. **Antoine Potier**, présentée par Paul Pascal.

Nous avons réussi à préparer l'acide nitrique absolu au laboratoire, d'une manière régulière et en grande quantité, par distillation sous pression atmosphérique des acides concentrés industriels.

L'appareil que nous avons utilisé (*fig.* 1) permet de séparer les acides forts en un résidu (azéotrope) et un distillat (acide absolu) et, simultanément, de débarrasser ce dernier des vapeurs nitreuses contenues initialement dans le mélange ou provenant d'une très faible décomposition.

([1]) *Dutt. Chem. Soc.*, 1922, p. 2389.

([2]) *Friedlander Silberstein*, M. 23, 1902, p. 520.

(*) Séance du 22 octobre 1951.

La rectification est assurée dans une colonne classique de laboratoire,

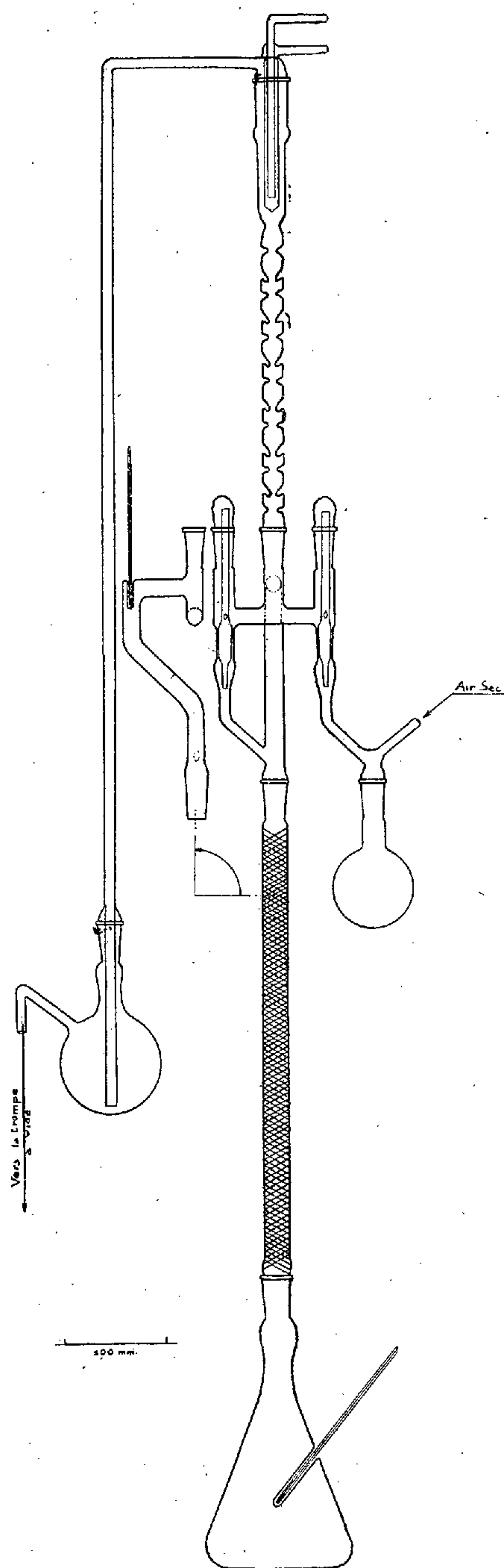


Fig. 1.



Fig. 2.

à garnissage d'anneaux de Raschig, munie d'une tête à reflux réglable. La séparation du mélange binaire anhydre HNO_3—NO_2 de tête de colonne

en ses constituants s'accomplit dans une colonne à pointes de Vigreux précédant le condenseur total. Elle est complétée par un léger barbotage et un balayage d'air sec, à contre-courant de l'acide presque pur qui redescend.

L'appareil fonctionne bien dans les conditions suivantes : distillation par chauffage électrique (300 W) de 400 à 500 g d'un acide de titre compris, de préférence, entre 80 et 95 %. Avec un reflux R = 3, le débit horaire est d'environ 250 g. L'acide obtenu est analytiquement pur, comme l'ont montré des dosages répétés depuis trois ans.

Cependant, en général, les dosages chimiques ne sont pas d'une sensibilité suffisante pour que nous puissions affirmer cette pureté à 100 % d'acide nitrique. C'est pour cette raison que nous en avons étudié la densité à 15° C.

Notre mode opératoire est voisin de celui de Klemenc et Rupp (1). Mais pour réduire au minimum les risques de contamination par l'humidité de l'air, l'acide absolu de distillation est recueilli directement dans le prépycnomètre A (*fig.* 2) fixé par joint rôdé sur la tête de la colonne à distiller. Le seul contact avec l'air se produit au moment où l'on débranche A pour y adapter le pycnomètre B. Celui-ci, fermé et pesé, est ensuite porté pendant une demi-heure dans un thermostat à 15° C au 1/50ᵉ.

Pour sept échantillons provenant de distillations effectuées à différentes époques, à partir de mélanges initiaux différents, la densité moyenne est $d_{4°}^{15°} = 1,5241 \pm 0,0001$. Ceci est une assurance de la reproductibilité des distillats. Ce résultat est en désaccord formel avec les densités d'acides dits « purs », dues à Klemenc et Rupp (1) (1,5202) et à Mischenko (2) (1,5215). Par contre, il coïncide parfaitement avec la valeur 1,5240 obtenue par extrapolation graphique de la courbe densité-concentration des solutions aqueuses, établie jusqu'au titre de 99,70 % par Lunge et Rey (3).

Les écarts entre les différentes mesures portant sur des acides dits purs sont difficiles à expliquer *a priori*. Nos échantillons d'acide pur sont, ou totalement incolores ou très légèrement teintés; dans tous les cas, le peroxyde y est indosable. Pour un échantillon d'acide nettement teinté en jaune, la densité est de 1,5246. Par rapport à l'acide pur, l'augmentation de densité ($\Delta = +0,0005$) est bien inférieure aux écarts en sens inverse présentés par les acides de Klemenc et Rupp ($\Delta = -0,0039$) et de Mischenko ($\Delta = -0,0026$). Il semble donc qu'aucun de ces auteurs n'a réussi à préparer des acides réellement anhydres. L'échantillon de Klemenc et Rupp était obtenu par cristallisation fractionnée.

---

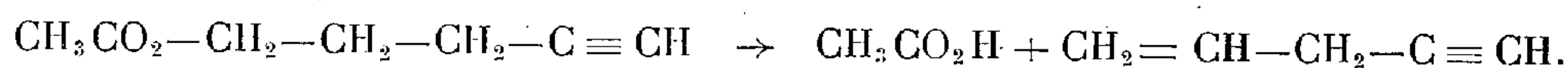
(1) *Z. Anorg. Chem.*, **194**, 1930, p. 51.

(2) *J. Russ. Chim. Appl.*, **2**, 1929, p. 521.

(3) *Z. Angew. Chem.*, **4**, 1891, p. 165.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse et propriétés de l'allylacétylène.* Note de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Traité par un léger excès d'anhydride acétique à 120°, le pentyne-4 ol-1 (1) donne avec un rendement de 95 % l'acétate de pentyne-4 yle-1 (E_{40} 81-82°; D_4^{23} 0,949; N_D^{23} 1,4286). Par pyrolyse de cet ester à 560°, dans les conditions indiquées pour la préparation du divinylméthane (2) à partir de l'acétate de pentène-4 yle-1, on a obtenu avec un rendement de 52,5 % le pentène-4 yne-1 ou *allylacétylène* C_5H_6.



$$CH_3CO_2-CH_2-CH_2-CH_2-C\equiv CH \rightarrow CH_3CO_2H + CH_2=CH-CH_2-C\equiv CH.$$

L'allylacétylène a déjà été décrit par Grignard, Lapayre et Tchéou-Faki (3), comme résultant de la condensation du bromure d'allyle avec le dérivé monomagnésien de l'acétylène. Cependant, les constantes indiquées (E 41-42°; D_{22}^{22} 0,777; N_D^{22} 1,3653) ne s'accordent guère, sauf le point d'ébullition, avec la structure de l'allylacétylène; et, d'autre part, la formation du carbure en question n'a pu être confirmée ultérieurement ni par R. Lespieau (4), ni par Henne et Greenlee (5).

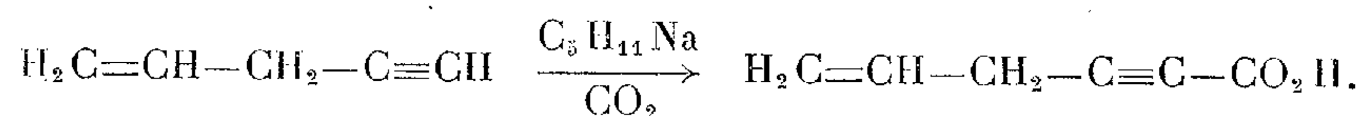
Le carbure que nous avons isolé (C % 90,45; H % 9,07) bout à 42-43° sous la pression ordinaire; ses constantes (D_4^{16} 0,738; N_D^{16} 1,4125) lui assignent une réfraction moléculaire (22,28) conforme à la théorie (22,62). Son spectre Raman, que nous devons à M. Ch. Prévost, présente deux raies très fortes, l'une de fréquence 1644, l'autre de fréquence 2123, caractéristiques d'une liaison éthylénique et d'une liaison acétylénique terminales.

L'existence d'une telle fonction acétylénique est d'ailleurs confirmée par la formation d'un dérivé cuivreux, jaune, instable (Cu % 49,85 tr., Cu % 49,45 calc.). Par hydrolyse au moyen d'une solution de sulfate mercurique, l'allylacétylène conduit à l'allylméthylcétone C_5H_8O (É 111-112°), caractérisée par sa semicarbazone (F 140°) et sa dinitro-2.4 phénylhydrazone (F 160°).

Avec l'amylsodium, même en excès, il ne se forme qu'un dérivé monosodé. Celui-ci traité par l'anhydride carbonique solide, conduit avec un rendement de 66 % à un acide linéaire, qu'on n'a pu isoler à l'état pur, mais qui est vrai-

(1) R. Paul et S. Tchelitcheff, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1473.
(2) R. Paul et H. Normant, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **11**, 1944, p. 365.
(3) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 519.
(4) R. Lespieau et Journaud, *Bull. Soc. Chim.*, (4), **49**, 1931, p. 425.
(5) *Amer. Chem. Soc.*, **67**, 1945, p. 484.

semblablement l'*hexène-5 yne-2 oïque* $C_6H_6O_2$



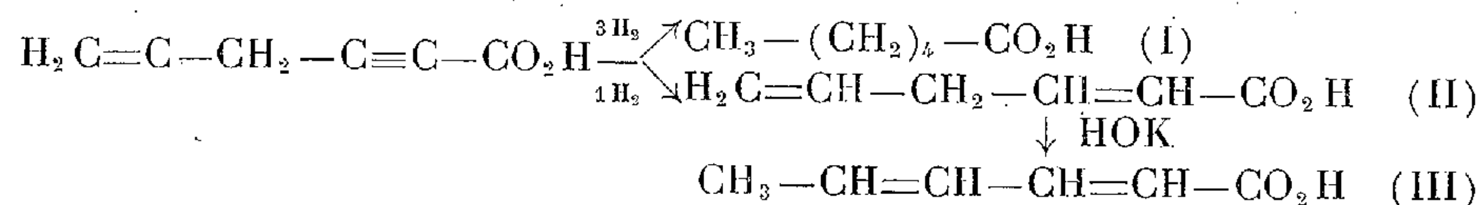
En effet, cet acide :

1° hydrogéné à refus, fixe, par molécule, trois molécules d'hydrogène, en conduisant à l'acide *caproïque* $C_6H_{12}O_2$ (I) (E_{20} 109-110°; anilide F 97°);

2° ne donne pas de dérivé cuivreux comme les acétyléniques vrais;

3° ne renferme pas de liaisons multiples conjuguées.

Par hydrogénation à l'aide de palladium déposé sur sulfate de baryum, une molécule de cet acide absorbe 1 molécule d'hydrogène. L'acide résultant (II) bout à 92-94° sous 5 mm et ne se combine pas à l'anhydride maléique; mais par chauffage à 100° avec une solution d'hydroxyde de potassium, il se transforme en acide *sorbique* $C_6H_8O_2$ (III) (F 134°)



CHIMIE ORGANIQUE. — *Acétylation des substances aromatiques par l'anhydride acétique en présence de perchlorate d'argent; oxydation par le perchlorate d'argent des méthylarylcétones.* Note de Mlle **Germaine Cauquil**, M. **Héribert Barrera** et Mme **Renée Barrera**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acétylation des substances aromatiques par l'anhydride acétique est catalysée par le perchlorate d'argent. Ce composé est donc un catalyseur de Friedel et Crafts indépendamment de toute réaction de double décomposition. Le cas de l'acétylation du métaxylène est étudié en détail. Si l'on opère à chaud, la cétone formée est en partie transformée en acide, l'oxygène nécessaire provenant de l'anion perchlorate.

Deux d'entre nous ont précédemment montré [1] que le perchlorate d'argent catalysait les réactions de Friedel et Crafts. Cependant, dans toutes les réactions alors étudiées, la formation d'un perchlorate organique intermédiaire pouvait donner à penser que ce dernier était seul responsable du résultat obtenu. Or, certaines réactions de Friedel et Crafts peuvent être effectuées en récupérant le perchlorate d'argent : en particulier, l'acétylation par l'anhydride acétique des substances aromatiques. La double décomposition ne pouvant plus entrer en ligne de compte, l'activité catalytique du perchlorate d'argent ne peut être expliquée que par son caractère d'acide généralisé.

[1] G. Cauquil et H. Barrera, *Colloque international de Montpellier*, 1950; *Bull. Soc. Chim.*, (5), **18**, 1951, p. 124 C.

En attendant la publication de l'ensemble des résultats, on a choisi comme exemple un carbure suffisamment réactif, le métaxylène. Si on le met au contact de l'anhydride acétique et du perchlorate d'argent, à la température ordinaire, il y a formation de diméthyl-2.4 acétophénone (semicarbazone F 195°); à chaud, on obtient simultanément de l'acide diméthyl-2.4 benzoïque, (F 127°), (amide F 180°) et du chlorure d'argent. Cet acide se forme aux dépens de la cétone : le chauffage à reflux d'une solution xylénique de perchlorate d'argent (2,67 mols) et de diméthyl-2.4 acétophénone (1 mol) fournit après 5 h, 27 % d'acide et il reste 30 % de la cétone initiale.

Une étude simultanée des deux réactions d'acylation et d'oxydation a donné les résultats suivants :

1. *Réaction d'acylation.* — *a.* Le métaxylène servant de solvant, le rendement est pratiquement indépendant de la concentration et du temps (au delà d'une heure à chaud).

b. A la température ordinaire (100 h), il est le tiers de celui obtenu par chauffage à reflux, ce dernier restant toujours inférieur à celui des expériences effectuées à 110°.

c. Le rapport molaire : anhydride acétique/perchlorate d'argent est très important; le maximum du rendement par rapport au perchlorate d'argent (> 50 %) correspond à une valeur de ce rapport comprise entre 2 et 4; le maximum par rapport à l'anhydride acétique (> 30 %) à une valeur de 1,5.

d. Si l'on prend comme solvant du toluène (il ne s'acétyle pas en présence de métaxylène), pour un rapport molaire : xylène/perchlorate d'argent < 2, l'anhydride acétique et le perchlorate d'argent étant en quantités équimolaires, le rendement diminue de moitié (12,5 % au lieu de 25 %).

Hill et ses collaborateurs ([2]) ont montré que le perchlorate d'argent donne avec les carbures aromatiques des combinaisons complexes, probablement du type des complexes π de Dewar ([3]). Le perchlorate d'argent donne aussi des complexes avec l'anhydride acétique. Il semble donc que :

1° Les complexes formés avec le métaxylène sont plus stables que ceux formés avec le toluène. En solution toluénique, si la quantité de métaxylène est faible et le rapport anhydride acétique/perchlorate d'argent peu élevé, une bonne partie de métaxylène se trouvera complexé, et de ce fait, rendu peu réactif (l'attaque du noyau aromatique par un ion carbénium étant moins facile quand ce noyau est déjà combiné à une molécule électrophile).

([2]) Hill, *J. Amer. Chem. Soc.*, 44, 1922, p. 1163; Hill et Miller, *ibid.*, 47, 1925, p. 2702.

([3]) Rundle et Goring, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 5337.

Le cas considéré rappellerait donc celui étudié par deux d'entre nous avec le trichlorure d'antimoine ([4]).

2° Le perchlorate d'argent serait mauvais catalyseur quand il se trouve combiné au métaxylène. On comprend alors l'effet favorable d'un excès d'anhydride acétique, déplaçant le métaxylène de sa combinaison; pour anhydride acétique/perchlorate d'argent > 2, on doit s'attendre à une diminution du rendement car le complexe $ClO_4Ag.2\,(CH_3CO)_2O$ doit être moins réactif que le complexe $ClO_4Ag.\,(CH_3CO)_2O$.

2. *Réaction d'oxydation.* — *a.* La quantité d'acide formé augmente de façon sensiblement linéaire avec la concentration de la solution en perchlorate d'argent et avec le temps de chauffage.

b. Elle dépend beaucoup de la température : à froid il ne se fait point d'acide, à 110° moins qu'à reflux.

c. La proportion de cétone oxydée à reflux diminue (de 70 à 6 %) quand le rapport molaire anhydride acétique/perchlorate d'argent augmente (de 0,5 à 4). Les complexes du perchlorate d'argent avec l'anhydride acétique sont donc moins oxydants que les complexes avec les carbures.

Les meilleures conditions pour la formation d'acide ne favorisant pas l'acylation, les rendements en acide n'ont pas dépassé 15 % (par rapport à l'anhydride acétique ou par rapport au perchlorate d'argent).

La formation d'acide est toujours liée à la présence de chlorure d'argent, mais sans rapport quantitatif simple; quelquefois on obtient de l'argent réduit. Si l'on néglige la période initiale de réaction, les expériences seraient d'accord avec l'équation :



$$RCOCH_3 + ClO_4Ag \rightarrow RCOOH + ClAg + CO_2 + OH_2.$$

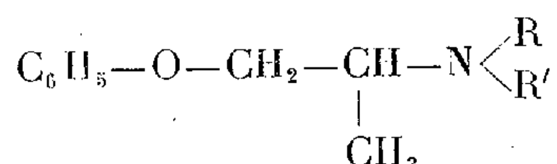
L'anhydride acétique en excès fait diminuer la quantité d'acide formé, mais non celle de chlorure d'argent.

Il semble prouvé que l'action oxydante du perchlorate d'argent dans cette réaction provient, tout au moins en partie, de la réduction de l'ion perchlorate. Aux trois types de réaction du perchlorate d'argent que nous avions indiqués ([1]) (réactions en tant qu'acide généralisé, doubles décompositions et oxydations par réduction de l'argent), il faut en ajouter un quatrième, oxydations avec formation d'ion chlorure. Étant donné la stabilité bien connue de l'ion perchlorate, ce dernier type de réaction nous a paru intéressant à signaler.

([4]) G. CAUQUIL et H. BARRERA, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 18, 1951, p. 84.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de la β-phénoxyisopropylamine et de ses dérivés substitués à l'azote.* Note de MM. **Michel Polonovski**, **Marcel Pesson** et **Jean Bededeu**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les propriétés pharmacodynamiques des β-phénoxyisopropylamines n'ont fait l'objet, à notre connaissance, que d'un seul travail [1], portant sur l'amine primaire elle-même, préparée par C.-D. Hurd et P. Perletz, par réduction catalytique de l'oxime de la phénoxyacétone (Rdt 65 %), ou par réaction de Leuckart à partir de la phénoxyacétone et de la formamide (Rdt 25 %).



(I) $R = -H$, $R' = -H$

(II) $R = -H$, $R' = -CH_3$

(III) $R = -H$, $R' = -C_2H_5$

(IV) $R = H$, $R' = -CH_2-CH_2OH$

(V) $R = -H$, $R' = -CH\langle{}^{CH_3}_{CH_3}$

(VI) $R = -H$, $R' =$ cyclohexyl

(VII) $R = R' = -CH_3$

(VIII) $R = R' = -C_2H_5$

(IX) $R = -CH_3$, $R' =$ cyclohexyl

(X) $C_6H_5-O-CH_2-CH(CH_3)-N\langle{}^{CH_2-CH_2}_{CH_2-CH_2}\rangle CH_2$

Dans le but d'examiner les propriétés physiologiques des dérivés de substitution à l'azote de cette amine, nous avons étudié les méthodes de préparation de la base initiale et de quelques-uns de ses dérivés. La réduction catalytique de l'oxime de la phénoxyacétone présente l'inconvénient de partir d'un composé liquide, qui ne peut être obtenu pur, car il se décompose à la distillation. Nous avons préparé la phénoxyisopropylamine (I) beaucoup plus aisément, par hydrogénolyse de l'azine de la phénoxyacétone, à 120°, sous 100 atm, en présence de Ni Raney (Rdt 63 %), ou encore, par hydrogénation (Ni Raney, 100°, 100 atm), de la phénoxyacétone en présence d'ammoniac alcoolique (Rdt 51, 5 %).

Quant aux dérivés N-substitués, nous les avons obtenus, soit par hydrogénation de la phénoxyacétone (1 mol), en présence de différentes amines (3 mol), en solution alcoolique ou hydroalcoolique, avec le Ni Raney, à 100°, sous 100 atm; soit par réaction de Leuckart. La première de ces méthodes donne des rendements assez bons avec des amines primaires. Nous avons ainsi isolé : par hydrogénation de la phénoxyacétone : 1° en présence de méthylamine : la N-méthyl-β-phénoxyisopropylamine (II) (Rdt 40 %, $É_{20}$ 120-122°, chlorhydrate F 104-105°) [2]; 2° en présence d'éthylamine : la N-éthyl-β-phénoxyisopropylamine (III) (Rdt 22,5 %, $É_{18}$ 125-127°, chlorhydrate F 143-144°); 3° en présence d'isopropylamine : la N-isopropyl-β-phénoxy-

[1] *J. Amer. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 39.

[2] Tous les points de fusion ont été déterminés au bloc Maquenne.

isopropylamine (V) (Rdt 31 %, $É_{15}$ 124°, chlorhydrate F 136-137°); 4° en présence d'éthanolamine : la N (β-hydroxyéthyl)-β-phénoxyisopropylamine (IV) (Rdt 62 %, solide, F 73-74°); 5° en présence de cyclohexylamine : la N-cyclohexyl-β-phénoxyisopropylamine (VI) (Rdt 40 %, $É_4$ 150-155°, chlorhydrate F 154-155°).

Avec les amines secondaires, les rendements sont moins bons, ainsi : la diméthylamine ne donne la N.N-diméthyl-β-phénoxyisopropylamine (VII) ($É_{18}$ 125-126° oxalate acide F 114-115°, iodométhylate : F 150°), qu'avec un rendement de 20 %, la pipéridine conduit à la N-pentaméthylène-β-phénoxyisopropylamine (X) (Rdt 20,4 % $É_{15}$ 163-165°, chlorhydrate F 145-146°, iodométhylate F 132°).

Cependant, bien que nous ayons fait varier dans d'assez larges proportions, les conditions opératoires, il ne nous a pas été possible d'obtenir, par cette méthode, la N.N-diéthyl-β-phénoxyisopropylamine (VIII) avec un rendement appréciable. Cet échec doit être dû, en partie, à un empêchement d'ordre stérique.

La N.N-diéthyl-β-phénoxyisopropylamine ($É_{18}$ 138-143°, picrate F 120-121°) a été isolée avec un rendement de 27 %, par réaction de Leuckart, à partir de la phénoxyacétone (1 mol) et de la N.N-diéthylformamide (5 mol) chauffées 15 h, à 150-170°. La même méthode nous a permis d'obtenir la N-méthyl-β-phénoxyisopropylamine (II), à partir de la N-méthylformamide (Rdt 30 %) et la N.N-diméthyl-β-phénoxyisopropylamine, à partir de la N.N-diméthylformamide (Rdt 41 %).

La méthylation du dérivé N-cyclohexyl (VI), par un mélange d'acide formique et de formaldéhyde, conduit à la N-méthyl-N-cyclohexyl-β-phénoxyisopropylamine (IX) (Rdt 80 %, $É_4$ 163-165°, chlorhydrate F 145°, iodométhylate F 156-157°).

En résumé, alors que pour les dérivés monosubstitués à l'azote, l'hydrogénation de la phénoxyacétone en présence d'amines primaires, donne des rendements convenables, lorsqu'on cherche à obtenir des dérivés disubstitués, la méthode de Leuckart paraît préférable, et moins sensible aux empêchements d'ordre stérique.

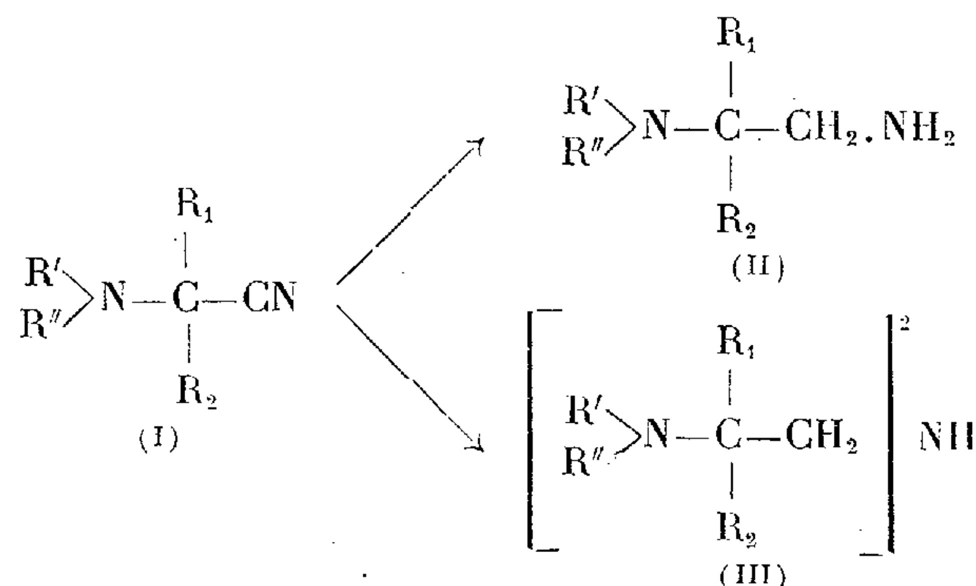
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de réduction des α-(dialcoylamino)-nitriles.* Note de M. **Zoltan Welvart**, présentée par M. Marcel Delépine.

La réduction des α-(dialcoylamino)-nitriles au moyen de $LiAlH_4$ peut être dirigée vers la formation soit des α-(dialcoylamino)-alcoylamines, soit des *bis*-[α-(dialcoylamino)-alcoyl] amines en faisant varier les conditions opératoires.

Nous avons préparé récemment [1] les α-(dialcoylamino)-éthylamines

[1] *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

(II, $R_1 = R_2 = H$) à partir des dialcoylamino-acétonitriles (I, $R_1 = R_2 = H$) par une modification de la réaction de Bouveault et Blanc.



Dans le cas des homologues supérieurs (I, R_1, R_2, = alcoyle) cette méthode donne des composés impurs difficilement isolables.

Pour arriver à un mode d'obtention plus avantageux des diamines (II, R_1, R_2 = alcoyle), nous avons envisagé l'emploi de l'hydrure double d'aluminium et de lithium comme agent réducteur.

En général, ce réactif permet d'obtenir facilement les amines à partir des nitriles ([2]) ainsi que les amino-alcools à partir des cyanhydrines correspondantes ([3]). Ces dernières étant comparables aux α-amino-nitriles, par la présence d'un groupement polaire en position α de la fonction nitrile, nous avons donc effectué la réduction au moyen de ce réactif, et nous avons pu ainsi déterminer les conditions favorables à la formation des diamines (II).

A côté de ces diamines (II) nous avons observé également la formation soit d'une triamine (III) soit d'un produit de condensation non identifié ([4]). Par contre, nous n'avons pas pu constater la formation d'amines provenant de l'élimination de la fonction nitrile. Des réactions comparables à celle des organomagnésiens sur les α aminonitriles ([5]) n'ont pas lieu.

La formation de l'amine secondaire (III) dans cette réduction peut être expliquée d'une part par un mécanisme semblable à celui qui a été démontré par Mignonac ([6]) lors de la réduction catalytique des nitriles ([7]) (*a*), d'autre part par l'action de l'amidure (VI) formé dans la réduction, sur le nitrile (IV) encore non réduit (*b*). En effet il est connu que l'action d'un amidure métallique sur

---

([2]) NYSTROM et BROWN, *J. Amer. Chem. Soc.* 70, 1948, p. 3738.

([3]) HEUSSER, HERZIG, FÜRST et PLATTNER, *Helv. Chim. Acta*, 33, 1950, p. 1093.

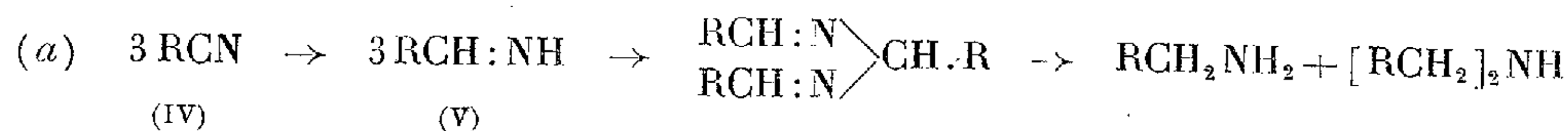
([4]) Quand $R_1 = H$, $R_2 = C_6H_5$ ou H au lieu de triamine on obtient un produit de condensation.

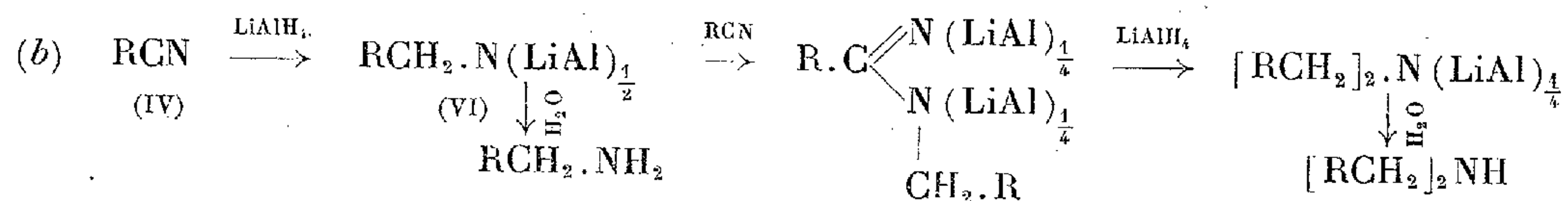
([5]) BRUYLANTS, *Bull. Acad. Sci. Belg.*, 10, 1924, p. 126.

([6]) *Comptes rendus*, 17, 1920, p. 114.

([7]) L'existence d'un dérivé métallique de l'aldimine (V), est prouvée par la réduction des nitriles en aldéhydes au moyen de $LiAlH_4$ (SOLMS, *Chimia*, 5, 1951, p. 25).

les nitriles peut soit conduire aux N-alcoyl-amidines [8], soit provoquer la polymérisation du nitrile [9].





Quel que soit le mécanisme mis en jeu, il apparaît clairement qu'un excès de $LiAlH_4$ doit favoriser la formation de diamine (II), tandis qu'un excès de α-amino-nitrile (I) doit conduire surtout à une triamine (III).

L'expérience a vérifié cette prévision; ainsi la réduction des α-amino-nitriles au moyen de $LiAlH_4$ peut être orientée vers la formation des diamines (II) ou de triamines (III) par un changement des conditions opératoires. Elle peut donc constituer une méthode de préparation avantageuse de ces deux types de composés.

Partie expérimentale. — Les α-(dialcoylamino)-nitriles [5] [10] sont réduits au moyen d'une solution titrée [11] (environ 0,1 M) de $LiAlH_4$ dans l'éther. La quantité de $LiAlH_4$ employée est de 0,6 mol par molécule de α-amino-nitrile. En versant la solution éthérée de α-amino-nitrile dans le réactif refroidi à — 5°, le rendement en diamine (II) est de 45-60 % et en triamine (III) de 20-25 %. Par contre, quand on verse le réactif dans la solution d'α-amino-nitrile à la température ordinaire, les rendements en amines (II) et (III) sont inversés.

		Diamines II [R′+ R″= $(CH_2)_5$].		Triamines III [R′+ R″= $(CH_2)_5$].	
R_1.	R_2.	Formule.	Éb.	Formule.	Éb.
H.........	H......	[1]	$É_{14}$ 73-75	[4]	–
C_2H_5......	H......	[12]	$É_{17}$ 102-104	$C_{18}H_{37}N_3$	$É_{2,5}$ 158-161
C_3H_7 (*iso*).	H......	$C_{10}H_{22}N_2$	$É_3$ 84-85	$C_{20}H_{41}N_3$	$É_2$ 163
C_6H_5......	H......	$C_{13}H_{20}N_2$	$É_5$ 157	[4]	–
C_2H_5......	CH_3....	$C_{10}H_{22}N_2$	$É_2$ 79-80	$C_{20}H_{41}N_3$ (*a*)	$É_2$ 187-189
	$(CH_2)_5$..	$C_{12}H_{24}N_2$ (*b*)	$É_3$ 120-150	$C_{24}H_{45}N_3$ (*c*)	$É_3$ 240

(*a*) Diperchlorate $C_{20}H_{41}N_3$, $2HClO_4$, F 246-248° (bloc); (*b*) F 88°, pour l'obtention de cette diamine, un grand excès de $LiAlH_4$ est nécessaire, son dichlorhydrate $C_{12}H_{24}N_2$, 2HCl, F 210-212°; (*c*) dichlorhydrate $C_{24}H_{45}N_3$, 2HCl, F 213-215°.

---

[8] ZIEGLER et OHLINGER, *Ann.*, **495**, 1932, p. 84.

[9] ZIEGLER, EBERLÉ et OHLINGER *Ann.*, **504**, 1933, p. 94; AMUNDSEN et NELSON, *J. Amer. Chem. Soc.*, **73**, 1951, p. 242.

[10] Le 2-(N-*pipéridino*) *isovaléronitrile* $C_{10}H_{18}N_2$, F 53° n'avait pas encore été décrit.

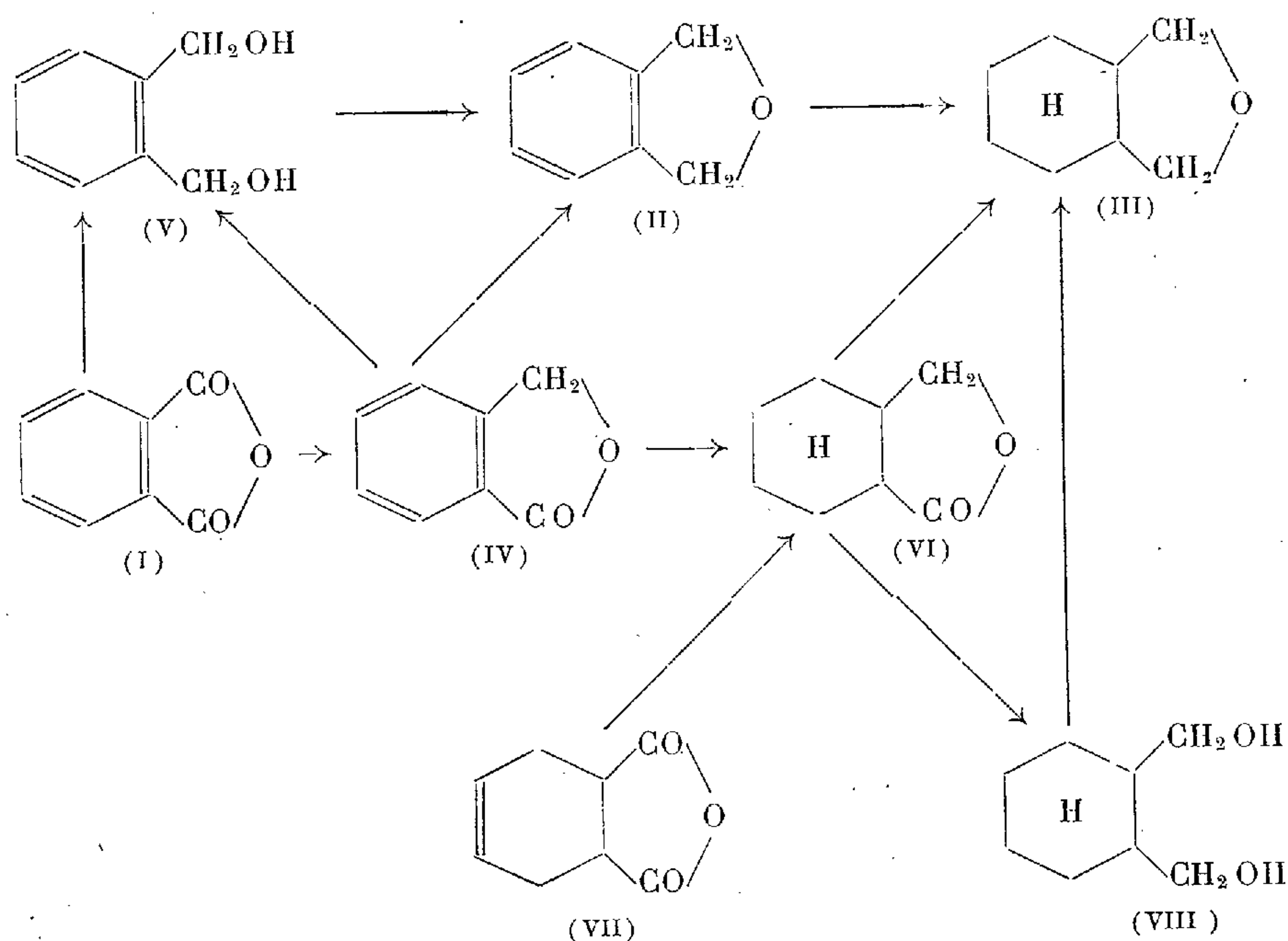
[11] FELKIN, *Bull. Soc. Chim.*, **18**, 1951, p. 347.

[12] PRELOG, RAJNER et STERN, *Helv. Chim. Acta*, **26**, 1943, p. 1172.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits de réduction de l'anhydride phtalique : obtention du phtalane et de l'hexahydrophtalane.* Note de MM. **Roger Ratouis** et **Antoine Willemart**, transmise par M. Charles Dufraisse.

Dans une étude en cours sur les produits de réduction de l'anhydride phtalique (I), il nous a été possible d'obtenir le phtalane (II) et l'hexahydrophtalane (III). Le premier a déjà été obtenu par action de la potasse sur le dibromure d'orthoxylylène (¹); le second, à notre connaissance, n'aurait pas encore été préparé.

Une récente communication (²) nous contraint à publier une partie de nos résultats.



Par hydrogénation catalytique de l'anhydride phtalique dissous dans le dioxanne sous pression (120 kg) en présence de chromite de cuivre, on peut obtenir du phtalane avec des rendements variables suivant les conditions opératoires. En particulier, la température exerce une influence primordiale :

Température...	270°	290°	300°	330°	400°
Rendement.....	traces	8 %	18 %	30 %	16 %

Les faibles rendements obtenus proviennent, dans le cas des températures

(¹) R. Willstatter, et H. Veraguth, *Ber.*, 40, 1907, p. 965.

(²) J. Entel, C. R. Ruof et H. C. Howard, *XIIᵉ Congrès International de Chimie pure et appliquée*, New-York, 10 au 13 septembre 1951. Abstracts of papers, p. 194.

les plus basses, d'une hydrogénation incomplète (obtention du phtalide IV) et, dans le cas des températures élevées, de l'hydrogénolyse et de décarboxylation inévitables. On a effectivement mis en évidence la formation de quantités non négligeables d'orthoxylène (6-8 %), de toluène (10-23 %) et de benzène (6-22 %), ainsi que d'alcool orthotoluique (9-10 %) (cristaux blancs : F 35°).

La caractérisation du phtalane a été effectuée par comparaison avec un échantillon obtenu par déshydratation sur bisulfate de potassium de l'alcool phtalique (V) (préparé par réduction de l'anhydride phtalique avec l'hydrure double de lithium et d'aluminium). Dans l'un et l'autre cas, le phtalane se présente comme un liquide incolore bouillant vers 78° sous 18 mm ($d_4^{17} = 1,0799$, $n_D^{18} = 1,5324$).

L'hexahydrophtalane a été obtenu par saturation du noyau aromatique du phtalane par hydrogénation catalytique en présence de nickel Raney (dioxanne, $p = 120$ kg, $t = 200°$, $T = 7$ h) : dans ces conditions, le rendement (10 à 20 %) est faible par suite de la formation abondante de l'alcool hexahydro-*o*-toluique résultant d'une hydrogénolyse.

L'hexahydrophtalane a été aussi obtenu par d'autres procédés :

a. A partir du phtalide, qui fut hydrogéné en présence de nickel Raney en hexahydrophtalide (VI) (dioxanne, $p = 80$ kg, $t = 220°$, $T = 4$ h) (Rdt 70 %). Celui-ci est réduit en hexahydrophtalane en présence de chromite de cuivre (dioxanne, $p = 130$ kg, $t = 300°$, $T = 2$ h); il se forme simultanément des quantités abondantes (50 %) d'alcool hexahydro-*o*-toluique.

b. A partir de l'anhydride cis-Δ_4-tétrahydrophtalique (VII) (résultant de la condensation du butadiène sur l'anhydride maléique) : cet anhydride est hydrogéné en présence de chromite de cuivre (dioxanne, $p = 130$ kg, $t = 300°$, $T = 5$ h). Du mélange complexe résultant on a pu identifier l'hexahydrophtalide (20 %) et l'hexahydrophtalane (20 %).

c. A partir de l'alcool hexahydrophtalique (VIII) (solide incolore, F 43°, obtenu par réduction de l'hexahydrophtalide par l'hydrure double de lithium et d'aluminium). La déshydratation de cet alcool par ébullition avec l'acide phosphorique à 50 % donne l'hexahydrophtalane avec un rendement de 90 %.

L'hexahydrophtalane est un liquide incolore, d'odeur forte camphrée, qui bout vers 62° sous 15 mm ($d_4^{20} = 0,9790$, $n_D^{17} = 1,4665$).

GÉOLOGIE. — *Découverte d'une riche faune de Reptiles Dinosauriens dans le Jurassique supérieur du Portugal.* Note de MM. **Albert F. de Lapparent** et **Georges Zbyszewski**, présentée par M. Charles Jacob.

L'existence de Dinosauriens dans le Jurassique du Portugal a été signalée autrefois par Sauvage [1], après étude de quelques dents et de trois vertèbres

(1) *Vertébrés fossiles du Portugal*, 1898.

que lui avait communiquées Choffat. Mais ces Reptiles n'ont plus attiré l'attention, jusqu'au jour où une découverte fortuite a révélé à l'un de nous (G. Zby.) la présence de pièces importantes d'un Stégosaurien à Baléal (²). Depuis, les trouvailles se sont multipliées au Nord du Tage, dans une zone comprise *grosso modo* entre Lisbonne et Coïmbre. Tous les gisements se trouvent situés au-dessus du « Lusitanien », dans des couches continentales argilo-gréseuses où les teintes rouges prédominent. L'âge kimmeridgien de ces terrains, parfois coupés de quelques intercalations marines ou saumâtres contenant des Mollusques, a été précisé par Choffat.

Une étude commune des pièces, rassemblées principalement dans les collections des Services géologiques et de la Faculté des Sciences de Lisbonne, a révélé qu'une riche faune de Dinosauriens se rencontrait dans le Jurassique portugais. En attendant la publication d'un Mémoire descriptif des ossements étudiés, nous en faisons connaître dès maintenant les principaux résultats.

Les Théropodes carnivores sont représentés par deux espèces de *Megalosaurus*. *M. insignis* Desl. est connu désormais au Portugal par 27 dents, 17 vertèbres, 2 griffes et 1 fémur. En outre, une espèce nouvelle de très grande taille a laissé 3 dents et 10 vertèbres d'un type bien différent.

Les Sauropodes herbivores constituaient une faune très curieuse, où voisinaient les géants du groupe avec les plus petits Sauropodes connus.

Le genre *Brontosaurus* (= *Apatosaurus*) est représenté par un animal unique et assez complet recueilli par nos soins (G. Zby.) à Alenquer. Il est remarquable par ses côtes cervicales révélant un cou très puissant; par ses vertèbres dorsales énormes, fortement opisthocœliques; par ses membres en colonne, massifs et pesants, l'antérieur notablement plus court que le postérieur (humérus : 150 cm; fémur : 174 cm). La queue manquait à Alenquer; mais 15 vertèbres caudales consécutives du type *Brontosaurus* ont été trouvées à San Bernardino.

Le genre *Brachiosaurus*, découvert à Atalaia et à la Plage d'Arcia Branca, est reconnaissable à ses membres extrêmement longs, mais relativement légers, l'antérieur plus long que le postérieur (humérus : 205 cm; fémur : 200 cm). Les os du bassin sont bien moins massifs que chez *Brontosaurus*. La queue est connue par 19 vertèbres caudales consécutives, aplaties de haut en bas.

Au genre *Astrodon* (= *Pleurocœlus*) nous rapportons des vertèbres et des membres d'un individu unique de Lourinha, de taille très modeste pour un Sauropode : vertèbres caudales antérieures d'un diamètre de 6 cm; fémur long de 60 cm à peine. Ce genre assez mal connu, mais d'un grand

(²) G. Zbyszewski, *Comunic. Serv. geol. Portugal*, 27, 1946, p. 1.

intérêt, a été signalé du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur d'Amérique et d'Angleterre.

Les Stégosauriens, couverts d'une armure osseuse, étaient abondants. L'individu de grande taille (fémur de 110 cm) trouvé à Baléal (G. Zby.) est identique à *Omosaurus armatus* Owen du Kimmeridgien d'Angleterre. Les restes de quatre individus, de plus petite taille et de forme plus légère, se rapportent très bien à *Omosaurus lennieri* Nopcsa du Kimmeridgien du Havre. Notons comme pièces plus remarquables : deux sacrums complets, avec les ilions, deux fémurs, quatre grandes épines caudales, enfin un œuf de forme ovale et ventrue (13 × 9 cm) trouvé à Alfeizrão avec deux humérus, un tibia et huit vertèbres d'un même individu; c'est la première fois qu'on signale l'existence d'un œuf de Stégosaurien.

En résumé, le Kimmeridgien du Portugal vient de livrer une faune de Dinosauriens d'un grand intérêt. Sur la terre ferme, chassaient deux espèces de grands carnivores. Dans les marais, se déplaçaient pesamment de lourds Sauropodes : les genres américains *Brontosaurus* et *Brachiosaurus* sont signalés ici pour la première fois en Europe; tandis que le petit *Astrodon* hantait plutôt, sans doute, les îlots émergeant des marécages. Sur les bords enfin, de nombreux *Omosaurus*, genre européen représentatif du *Stegosaurus* américain, trouvaient une certaine protection contre la dent des Théropodes dans l'armure de longues épines osseuses qui revêtaient leur queue; et nous pensons qu'ils étaient ovipares.

Par suite de ces découvertes, le Portugal se place d'un coup au tout premier rang des pays européens, quant à la richesse paléontologique en Dinosauriens jurassiques.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de fossiles dans le Karroo à Brazzaville* (*Congo*). Note de MM. **Pierre Nicolini** et **Jean Roger**, présentée par M. Charles Jacob.

Un sondage traversant le Karroo a fourni, dans les niveaux inférieurs marneux, de petits Gastropodes indéterminables et dans les niveaux moyens d'argilite, une Esthérie proche de *E. draperi* Jones, du Rhétien du Natal, ainsi que des Ostracodes indéterminables.

L'étude des carottes d'un sondage au Port Fluvial de Brazzaville permet (P. N.) d'établir de bas en haut, la coupe qui suit :

A la profondeur de 39,80 m, le sondage a rencontré un grès fin calcareux qui peut être rapporté au Système schisto-gréseux (couches de l'Inkisi des géologues belges).

Au-dessus vient la « série du Karroo », avec un niveau marneux inférieur reposant directement sur le grès. Ces marnes sont bariolées et, renferment des grains de quartz ainsi que quelques passées arénacées dans leur partie inférieure. Epais d'environ 5 m, le niveau marneux renferme des Gastropodes assez abondants.

Les 5 m suivants sont représentés par des argilites bariolées, le plus souvent rouge brique, avec quelques passées sableuses. Dans sa partie moyenne, ce niveau renferme un horizon jaunâtre avec galets argileux rouges; une fine stratification entrecroisée s'y observe. Ce niveau moyen d'argilites est fossilifère. Pas plus que du précédent, il n'en est connu d'affleurements en A. E. F.

Ensuite, sur plus de 25 m, le sondage traverse des grès tendres, grès qui affleurent largement sur les berges du Congo. Vers le bas, ils passent aux argilites avec des récurrences des horizons argileux rouge brique ou bariolés. Par contre, progressivement en s'élevant dans la coupe, les lits argileux se raréfient, disparaissent et l'on passe à un grès fin, à petits lits jaune clair et blancs, puis à des grès tendres, blancs, kaolineux, à stratification entrecroisée. Les matériaux du sondage n'ont pas livré de fossiles à ce niveau qui a cependant fourni des Gastropodes dans des fouilles effectuées à peu de distance.

Viennent enfin les formations pléistocènes reposant sur les grès; elles atteignent 2,50 m d'épaisseur. Des éléments détritiques de taille et de nature variées les constituent; on y trouve notamment de l'or, de gros blocs de « grès polymorphes » et des restes d'industries lithiques. Ce niveau pléistocène s'observe localement en affleurement, en aval du port; il correspond à une terrasse du Congo ou de l'un de ses affluents.

Les fossiles découverts dans les niveaux marneux et argileux, malgré leur état fragmentaire, méritent d'être signalés.

Les Gastropodes, localisés dans un horizon des marnes inférieures, à 3 m au-dessus du toit du Système schisto-gréseux, sont abondants mais très petits et incomplets. Une forme globuleuse ne dépasse pas 2,8 mm de largeur sur 2,4 mm de hauteur; une autre forme, aplatie, atteint 3,4 mm sur 1,6 mm. Il s'agit vraisemblablement d'individus très jeunes, de toute façon indéterminables.

Les argilites renferment à divers niveaux, des Esthéries de grande taille (parfois plus de 15 mm). Tous les spécimens examinés sont plus ou moins fragmentés et tous décortiqués. Par son contour, cette forme rappelle assez bien les exemplaires jeunes de *E. malangensis* Marlière ([1]) ou *E. anchiatai* Teixeira ([2]). En revanche, elle diffère nettement de ces espèces par sa taille plus grande et son ornementation concentrique. Celle-ci comporte environ 25 côtes, dont l'espacement et l'allure correspondent aux caractères de *Estheria (Orthothemos) draperi* Jones ([3]). Vers le bord palléal, les spécimens de Brazzaville semblent posséder, dans l'intervalle des côtes concentriques, les petits enfoncements qui caractérisent *E. draperi*. La décortication de nos échantillons explique sans doute l'absence de ce caractère sur le reste du test. Leur état ne permet cependant pas une identification spécifique certaine avec les formes du Trias supérieur (Rhétien) du Karroo du Natal.

([1]) *Ann. Mus. Congo belge*, série in-8, Géol., **6**, 1950, p. 28.

([2]) *An. Junta Invest. colon.*, **2**, 1947, p. 42; R. Marlière, 1950, p. 29.

([3]) *Geol. Mag.*, N. S., **1**, 1884, p. 289; E. Raymond, *Bull. Mus. compar. Zool. Harvard Coll.*, **96**, 1946, p. 237.

Dans les mêmes niveaux, une forme plus petite (2 mm environ) paraît être le jeune de la précédente.

Dans les argilites également, on trouve quelques Ostracodes indéterminables.

Si les trouvailles paléontologiques signalées ci-dessus ne donnent pas encore une indication stratigraphique sûre, elles permettent néanmoins d'espérer d'autres découvertes intéressantes.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure du Massif cristallin Eglab-Yetty (Sahara occidental).* Note de M. **Pierre Gevin**, présentée par M. Charles Jacob.

Une mission effectuée à la fin de l'hiver 1951 [1] suivant l'axe cristallin Eglab-Yetty, nous a permis d'apporter quelques précisions sur la composition et la structure de cet ensemble. On peut y distinguer trois séries antécambriennes, traversées par de nombreuses et abondantes roches éruptives.

1° *Série de Chegga.* — Cette série affleure principalement au Nord et au Nord-Ouest de Chegga, mais elle a également été retrouvée en affleurements de faibles étendues au Nord de Chenachane. Elle est presque toujours verticale et de direction méridienne. A travers une migmatisation poussée, qui a masqué l'allure du matériel originel, on peut distinguer, surtout d'épaisses séries éruptives, certaines plutôt basiques, d'autres acides, avec peut-être par endroits des conglomérats. La majorité des affleurements occidentaux montre un granite migmatique à tendance leucocrate. A cette migmatisation s'ajoutent, en de nombreux endroits, des phénomènes d'écrasement intenses, en sorte qu'on ne peut pas affirmer, surtout au seul examen macroscopique, qu'on se trouve en présence d'autre chose que de termes éruptifs.

2° *Série du Yetty.* — Elle est bien représentée dans l'Yetty, entre les méridiens d'Aouinet Legra et de Tindouf. Comme la précédente, elle est subverticale et pratiquement d'orientation méridienne. Dans la partie Ouest, dominent des schistes et schistes gréseux, avec intercalations quartziteuses; la partie centrale abonde en « roches noires » : quartzites très foncés, lydiennes (?), rhyolites noires et autres roches éruptives, tandis qu'à l'Est les zones schisteuses alternent avec les séries éruptives. Le tout est très peu métamorphique. Dans l'état actuel de nos connaissances, n'ayant pas vu les contacts entre ces deux séries, nous ne pouvons les distinguer que par leurs faciès, très différents d'ailleurs.

3° *Série du Guelb el Hadid.* — En discordance sur les précédentes, et supportant en discordance les couches cambro-ordoviciennes, elle a été reconnue depuis le méridien d'Aouinet Legra jusqu'à celui de Chenachane. A l'Ouest, elle se présente en affleurements isolés, tandis qu'à l'Est, elle forme une large bande continue, entre la falaise cambrienne du Hank et le Massif Eglab proprement dit. Contrairement aux séries plus anciennes, les

---

[1] Participaient également à cette mission MM. Escalle, de Geoffroy, Thébaut, Géologues et Pegorrier, Ingénieur géographe. Tous les noms géographiques cités figurent sur les Croquis de l'Afrique française au 1/1 000 000 de l'I. G. N. Feuilles 29 et 30 (Tindouf-Erg Chech),

plissements qui l'affectent, encore d'orientation méridienne, sont modérés; les pendages dépassent rarement 40 à 50°. L'épaisseur totale reconnue n'atteint que 800 m. C'est une série essentiellement détritique, à base de poudingues et de quartzites, entrecoupée de venues éruptives surtout vers le bas (andésites et rhyolites). Le métamorphisme général, s'il en est, n'est pas visible à l'œil nu.

Parmi les nombreux granites qui se montrent dans le Massif Yetty-Eglab, nous citerons les trois plus importants.

1° Granite migmatique de Chegga : c'est un granite gris à tendance leucocrate. Lui seul, fortement plissé et écrasé, est le plus ancien, et antérieur aux plissements majeurs ayant affecté les séries de Chegga et du Yetty.

2° Granite du Yetty : granite à biotite et parfois muscovite, sensiblement mésocrate, traversant la série du Yetty, avec auréoles métamorphiques très peu développées, mais repris par les conglomérats de la série du Guelb el Hadid.

3° Granite de l'Aftout : c'est le granite le plus récent. Il traverse la série du Guelb el Hadid, qu'il ne métamorphise pour ainsi dire pas, mais se trouvre recouvert en transgression par le Cambro-Silurien. Couvrant plus de 6 000 km², il occupe toute la partie E des Églab, et déborde d'une soixantaine de kilomètres à l'W de Chenachane. Il est rose ou rouge, ayant le plus généralement peu d'éléments foncés, parmi lesquels de la biotite. Toutes les structures sont représentées : grenues microgrenues, jusqu'à la rhyolite franche qui peut laisser supposer une venue sous faible couverture (²)

Les plus abondantes roches d'épanchement que l'on rencontre dans l'Yetty-Eglab, sont des rhyolites. On peut en distinguer différentes catégories. Ce sont de bas en haut :

1° Rhyolites anciennes, plissées et verticales, appartenant aux séries de Chegga ou du Yetty.

2° Rhyolites du complexe de base de la série du Guelb el Hadid; celles-ci sont traversées, et reprises par le granite de l'Aftout.

3° Rhyolites représentant le faciès « marginal » du granite de l'Aftout, peu fréquentes.

4° Rhyolites formant tous les reliefs importants de l'Eglab (Kahal Morrat, Eglab Salem, Eglab Cherif, etc.), postérieures au granite de l'Aftout qu'elles recouvrent en coulées, avec formation de brèches, tufs et autres faciès volcaniques, mais recouvertes par le Cambro-Silurien.

En conclusion, il semble se dessiner maintenant, pour le massif Yetty-Eglab, une image qui rentre dans le cadre africain. On y distingue trois séries antécambriennes, avec trois granitisations, dont la plus récente est immédiatement inférieure au Cambrien.

(²) P. Lapadu-Hargues, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 950.

GÉOLOGIE. — *Le modelé cryo-nival autour de Nîmes et d'Avignon.* Note de MM. **Y. Guillien**, **P. Marcelin** et **A Rondeau**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Dès 1926 avait été reconnu, dans la région de Nîmes, en même temps que l'extension des loess, le rôle morphologique du cryoclastisme quaternaire. Depuis lors, ont été indiqués l'importance des solifluctions, l'existence des cryoturbations, l'âge aussi de ces phénomènes qui couvrent les temps allant du Moustérien au Magdalénien (¹).

1° Un nouvel examen des coupes de la région nîmoise permet d'apporter quelques précisions. Partout la roche en place montre jusqu'à 4 m au moins la marque du cryoclastisme; très instructif est à cet égard l'examen du tunnel qui, dans le prolongement du Pont du Gard, perce les calcaires urgoniens et permet de saisir le rôle de l'orientation. Il faut indiquer ici que le versant Nord de la Montagne Noire, la lisière Nord du Bassin aquitain, le Poitou et la région parisienne montrent l'action du gel quaternaire jusqu'à des profondeurs comprises entre 5 et 8 m.

Dès lors, on ne s'étonnera pas qu'autour de Nîmes aussi les versants rocheux aient « poussé au vide » (versant urgonien auprès du Pont de Remoulins), que des corniches, des falaises, des éboulis apparaissent partout sous le léger manteau végétal; que des cryoturbations affectent aussi bien la roche en place (diapirs dans les calcaires hauteriviens de Courbessac) que les formations détritiques (diapirs du Cadereau de Saint-Césaire; sol cellulaire sur la surface du remplissage d'une cavité karstique à la carrière Roquemaillère, côté Nord de la route d'Alès, sortie de Nîmes; sol strié sur un dépôt de pente, près de l'abri sous roche de la Salpétrière, au Pont du Gard).

L'interprétation du « sistre », celle des « complexes loessiques » posent un problème plus délicat; on fait alors malaisément la part de la solifluction visqueuse, du ruissellement en nappe mince sur le sol nu (route d'Avignon, versant Sud), dans certains cas même, du ruissellement plus ou moins organisé des eaux de fonte.

2° Extraordinairement nettes sont, d'autre part, les images suggérées par les petits massifs calcaires éocrétacés qui bordent la vallée du Rhône ou émergent de la plaine rhodanienne, à l'Ouest ou au Sud-Ouest d'Avignon. Presque absolument dépourvues de sol végétal, les crêtes de la Montagnette de Tarascon montrent partout la surface émiettée par le gel profond,

---

(¹) P. Marcelin, *Contribution à l'étude de la garrigue nîmoise; Études rhodaniennes*, 2, 1926, Lyon; *Observations snr des terres et des sols en région méditerranéenne; I, Terres et sols en Costières*, Nîmes, 1947; *Bull. Soc. languedocienne de géographie*, 2ᵉ série, 21, 2ᵉ fasc., 1950.

tandis que de minuscules éclats donnent la mesure de la cryergie actuelle. Au pied de chicots isolés, d'arêtes ruiniformes, se creusent des formes dont les traits semblent bien être ceux des niches de nivation; l'une d'entre elles descend jusqu'à la gare de Graveson-Maillane, à 19 m d'altitude; d'autres plus considérables conduisent à des thalwegs encaissés. Ceux-ci présentent uniformément un remblaiement fait de matériaux locaux gélivés et éolisés; l'édifice détritique prend un caractère plus nettement alluvial quand sa pente longitudinale tombe de 8 et 5 % à 2 et 1,5 %; au débouché du massif, il se termine par une sorte de cône de déjection dont la pente atteint 5 % et qui disparaît aussitôt sous les limons palustres et d'inondation de la plaine rhodanienne; la voie ferée d'Avignon à Tarascon fournit sur 10 km des coupes qui doivent, par endroits, atteindre une puissance de 10 km.

Ailleurs, le long de la route d'Aramon à l'abbaye de Frigolet dans la Montagnette, le long aussi de la route de Villeneuve-les-Avignon à Nîmes, au Nord des Angles comme au Sud-Ouest de Barbentane, les versants (et ce semble, surtout les versants Nord) sont recouverts de dépôts de pente; ceux-ci, constitués surtout par des éclats calcaires gélivés et éolisés, présentent tous les caractères des grèzes litées; les coupes dont la puissance peut dépasser 10 m et sur lesquelles on mesure à l'ordinaire des pendages de 10 à 15 %, évoqueraient donc, elles aussi, au pied des crêtes déchiquetées, des champs de neige semi-permanents (²). Très typique à cet égard est la gravière de la Bégude de Rochefort. Particulièrement remarquables sont, à la base des dépôts de pente, des sables éoliens, lités finement.

Des observations analogues pourraient être faites dans toute la partie orientale du département du Gard et dans les Alpilles, de Saint-Rémy à Orgon et aux Baux.

On conclura que *sur le Bas-Rhône*, au-dessus des grandes nappes alluviales, les reliefs méditerranéens en roche dure présentent, en réalité, un *modelé cryo-nival*, bien peu altéré depuis l'âge du Renne.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur les inversions de l'aimantation rémanente des roches volcaniques dans les monts d'Auvergne*. Note de M. **Alexandre Roche**, présentée par M. Charles Maurain.

Les résultats obtenus en Auvergne et dans le Velay montrent que les coulées volcaniques tertiaires et pléistocènes présentent de nombreux cas d'inversion qui se groupent en fonction de l'âge des roches étudiées. Un premier groupement se situe à la limite du Miocène et du Pliocène, un deuxième à la limite du Pliocène et du Pléistocène.

Dans une Note antérieure (¹) nous avions indiqué que les basaltes d'âge

(²) Y. Guillien, *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, **22**, 1951.

(¹) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1603-1604.

Aquitanien ou Stampien supérieur des massifs pépéritiques de la Limagne ont une aimantation rémanente en seus inverse du champ terrestre actuel.

Nous avons étendu nos recherches aux Monts Dore, aux Monts du Cantal et au Velay.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1° La direction de l'aimantation rémanente des roches volcaniques observées est distincte de la direction du champ terrestre actuel, mais toujours assez voisine de cette direction.

La dispersion des directions d'aimantation rémanente est plus accusée en déclinaison (en général 10° à 20° d'écart avec la déclinaison actuelle, et au maximmm ± 60°) qu'en inclinaison (en général écarts de 5° à 10° avec l'inclinaison actuelle, et au maximum + 10° et — 30°.

2° Le sens de l'aimantation rémanente est soit le sens du champ terrestre actuel, soit le sens inverse. Il est constant pour tous les points d'une même coulée.

3° L'inversion de l'aimantation paraît se localiser à certains âges géologiques. Les inversions observées depuis le début du Miocéne correspondent aux étages suivants :

Pontien, base du Plaisancien, Villafranchien, Pléistocène ancien.

Jusqu'à présent trente-cinq coulées, dykes ou necks, ont été étudiées. Pour chacune on a pris un nombre d'échantillons compris entre cinq et dix. Les valeurs retenues correspondent à la moyenne des échantillons reconnus utilisables : situés à l'écart de tout point singulier et stables au point de vue magnétique (la stabilité est vérifiée par la méthode de retournement de l'échantillon dans le champ terrestre indiquée par Thellier).

Nous donnons ci-dessous la liste des coulées présentant une aimantation inversée avec leurs caractéristiques :

1° Série inversée Plio-Pléistocène

Age.	Localisation.	Inclinaison.	Déclinaison.
Pléistocène.............	La Malouteyre (Velay)	—70°	17° E +180°
»	Sinzelles (Velay)	—40	10 E +180
Villafranchien..........	Mont Coupet (Velay)	—67	6 W+180
»	Murols Nord (Dore)	—70	0 +180
»	Pontfarein (Cantal)	—68	20 E +180
»	La Roche Noire (Comté)	—52	50 E +180

2° Série inversée Mio-Pliocène

Age.	Localisation.	Inclinaison.	Déclinaison.
Plaisancien (base).......	Roche Romaine (Dore)	—59°	4° E +180
» »	P. de Bessolles (Ouest) (Dore)	—54	4 W+180
Pontien................	Puy de Var (sommet) (Limagne)	—47	15 W+180
»	Rochefort Sud (Dore)	—31	15 E +180
»	Vernines Ouest (Dore)	—60	26 W+180

Nos résultats s'accordent avec ceux obtenus par Brunhes à Pontfarein en 1905 (inclinaison — 74°, déclinaison 17° E + 180°) et avec ceux obtenus par Thellier à Saint-Sauves (aimantation de sens normal) et au nord de Saint-Flour (inclinaison — 52°, déclinaison 7° E + 180).

Dans l'hypothèse d'inversions effectives du champ magnétique terrestre liées aux inversions de l'aimantation rémanente des roches, les résultats ci-dessus montrent que les durées des inversions pourraient être de l'ordre de grandeur de la durée d'un étage géologique ou une fraction importante de cette durée. Nous aurions alors localisé deux de ces inversions : l'une à la limite du Miocène et du Pliocène, l'autre à la limite du Pliocène et du Pléistocène.

Dans l'hypothèse où les inversions d'aimantation correspondraient, selon la théorie développée par Neel ([2]), à des caractères particuliers des constituants ferromagnétiques, provoquant dans les roches une aimantation de sens opposé au champ magnétique terrestre ayant agi pendant le refroidissement, ces caractères pourraient appartenir à toute une série magnétique correspondant à un âge déterminé dans le Massif Central, et provoqueraient par suite un groupement dans le temps des inversions d'aimantation.

Nous estimons donc que nos résultats peuvent s'expliquer par l'une ou l'autre hypothèse.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'absorption du S-gaïazulène par le* Lupinus albus *L.* Note de MM. **Fernand Caujolle, Édouard Stanislas** et Mlle **Georgette Bergal**, présentée par M. René Souèges.

Suivant une technique déjà décrite ([1]), nous avons préparé des germinations de *Lupinus albus*, à 18° ± 2°, sur des disques hydrophiles imprégnés de suspensions aqueuses titrant de 10^{-5} à 10^{-3} de S-gaïazulène associé à des doses égales de tween 20. Nous avons suivi quotidiennement le développement des plantules en le comparant à celui de témoins cultivés sur eau distillée et étudié la localisation du S-gaïazulène à l'aide de sections pratiquées quotidiennement au niveau des cotylédons, des tigelles et des radicules.

1° *Localisation des plantules.* — Le pourcentage de germination a été réduit de 33 % à la concentration de 10^{-3} en S-gaïazulène, il n'est pas modifié aux autres concentrations. La croissance en longueur des tigelles est inhibée de 75 % par rapport au témoin à la dose de 10^{-3} en S-gaïazulène, cette inhibition est moins marquée à 10^{-4}, nulle à 10^{-5}. L'allongement des

(2) *Annales de Géophysique*, 7, 1951, p. 90.

(1) *Annales pharmaceutiques françaises*, 9, 1951 (en cours d'impression).

radicules est accru de 30 % par rapport au témoin à la concentration de 10^{-3}, il est normal aux concentrations de 10^{-4} et 10^{-5}. A la concentration de 10^{-3}, les poils absorbants disparaissent. Aux concentrations en S-gaïazulène de 10^{-3} et 10^{-4}, les parties du tégument en contact avec le milieu bleuissent. Pour ces concentrations, dès leur apparition, les tigelles et les cotylédons bleuissent progressivement. La coloration est aussi intense sur les parties de ces organes émergentes que sur celles qui sont au contact du milieu. Ultérieurement, les radicules se colorent sur à peu près toute leur longueur à l'exception de la partie voisine de leur pointe.

2° *Localisation du S-gaïazulène.* — Le S-gaïazulène apparaît à la loupe sous forme de dépôts bleus épars à la surface des tigelles. A l'examen microscopique d'un lambeau d'épiderme, le S-gaïazulène paraît localisé dans les cellules stomatiques, dans les cellules annexes des stomates et dans quelques autres cellules. Cette localisation est confirmée par l'examen de coupes transversales, qui, de plus, montrent qu'elle s'étend à la chambre sous-stomatique et à des îlots de cellules parenchymateuses en apparence banale. L'azulène se situe à la fois à l'intérieur des cellules et dans les méats intercellulaires. Nous n'avons pas relevé de dépôts azuléniques dans les vaisseaux de bois dont les parois présentent, toutefois, une coloration bleue verdâtre. Dans les radicules, nous avons observé une coloration bleu verdâtre des parois cellulaires des zones subérifiées.

3° *Mécanisme d'absorption du S-gaïazulène.* — La fixation apparente du S-gaïazulène paraissant plus précoce sur les organes émergents (tigelles) que sur les organes (radicules) au contact du milieu, nous avons recherché si les vapeurs de S-gaïazulène pouvaient participer activement à cette fixation.

Dans une enceinte close des plantules ont été maintenues, à l'aide d'un dispositif approprié, à 2 cm au-dessus de la surface d'une suspension tweenée de S-gaïazulène à 10^{-3} ; ces plantules ont fixé et localisé le S-gaïazulène comme si elles avaient été au contact direct de la suspension. Des plantules de 5 jours ont été placées dans une enceinte close, séparée en deux compartiments par une cloison étanche, permettant ainsi d'isoler l'atmosphère baignant tigelles et cotylédons (compartiment supérieur) d'avec le milieu et l'atmosphère à son contact (compartiment inférieur); seul l'axe du végétal traversait la cloison isolante au niveau de son collet. Pour une première série d'essais, à la base du compartiment inférieur, est placée une suspension tweenée de S-gaïazulène à 10^{-3} ; la radicule à son contact fixe du S-gaïazulène électivement par ses assises subérifiées, son allongement est accéléré, ses poils absorbants s'atrophient; par contre, le développement de la tigelle, qui ne renferme pas d'azulène, est normal. Dans une deuxième série d'essais, un tampon, imprégné de S-gaïazulène, est placé dans le compartiment supérieur, tandis que la radicule plonge dans de l'eau

distillée; la tigelle bleuit rapidement, sa croissance est inhibée, tandis que le développement de la radicule est normal et que tous ses tissus sont exempts de S-gaïazulène.

Ces observations établissent que, malgré sa masse moléculaire élevée (P. M. 198), la fixation du S-gaïazulène peut être réalisée fortement en phase vapeur. L'appareil stomatique paraît jouer un rôle primordial dans cette fixation, rendue possible, dès la température ordinaire, par la tension de vapeur élevée du S-gaïazulène : de la chambre sous-stomatique, le S-gaïazulène diffuse dans les méats intercellulaires et franchit les parois cellulaires elles-mêmes. Ce franchissement est facilité par la liposolubilité du S-gaïazulène, liposolubilité qui explique, d'autre part, la fixation élective au niveau des assises subérifiées de la radicule.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Activité respiratoire des végétaux supérieurs.* IV. *Dégagement de* CO_2 *par les feuilles vertes en atmosphères d'azote et d'oxyde de carbone.* Note de MM. **Gaston Ducet** et **Albert-Jean Rosenberg**, présentée par M. Raoul Combes.

L'étude du dégagement de CO_2 des feuilles vertes de *Soja Hispida* en atmosphères d'azote et d'oxyde de carbone montre que la « glycolyse anaérobie », mesurée manométriquement, varie suivant le stade de développement de la plante. Par rapport à la glycolyse dans l'azote, l'oxyde de carbone diminue la glycolyse des feuilles pendant la croissance et l'exalte pendant la fructification.

Au cours d'une étude de la respiration des feuilles, nous avons étudié les échanges gazeux, en particulier le dégagement de CO_2, dans des atmosphères d'azote et d'oxyde de carbone, à différentes pressions d'oxygène. La présente Note donne les résultats obtenus quand la pression d'oxygène est très faible.

Technique. — Les mesures des volumes gazeux se font par la méthode manométrique de Warburg. CO est préparé par décomposition de l'acide formique et vérifié par contact avec une liqueur alcaline. N_2 contient de 0,2 à 0,4 % d'oxygène.

La respiration et la glycolyse sont mesurées sur des rondelles de 4 ou 12 mm de diamètre, prélevées à l'aide d'un emporte-pièce en acier inoxydable, dans 6 à 10 feuilles trifoliées. Nous prélevons la deuxième ou la troisième feuille bien développée, comptée à partir du sommet. Chaque fiole contient 75 à 100 rondelles de 4 mm (30 à 40 mg de poids sec) ou 9 à 12 rondelles de 12,2 mm 2 à 3 cm³ de tampon PO_4H_2K M/20, T = 25°. La respiration à l'air est mesurée par la méthode directe de Warburg. A poids égal, la respiration des rondelles de 12 mm est inférieure d'environ 25 % à celle des rondelles de 4 mm. D'autre part, nous avons vérifié par la méthode indirecte de Warburg que CO n'est pas absorbé ou transformé d'une manière mesurable.

Rappelons que :

Q_{O_2} = $\mu l\,CO_2$ consommé par milligramme de poids sec et par heure;

$Q_{CO_2}^{N_2} = \mu l CO_2$ dégagé en atmosphère de N_2 par milligramme poids sec par heure;

$Q_{CO_2}^{CO} = \mu l CO_2$ dégagé en atmosphère de CO par milligramme poids sec par heure;

QR = quotient respiratoire.

Pendant la croissance active, Q_{O_2} de la deuxième feuille est 3,5 et QR 1,05-1,10. En atmosphère d'azote, $Q_{CO_2}^{N_2} = 0,94$ et reste constant pendant 150 mn. Après 18 h, il tombe à 0,58. En atmosphère de CO, $Q_{CO_2}^{CO} = 0,95$, mais diminue en 150 mn jusqu'à 0,67, et, après 18 h jusqu'à 0,12. CO provoque donc une inhibition de la glycolyse de 29 % en 150 mn et de 79 % en 18 h. En revenant à l'aérobiose, les rondelles ayant séjourné 19 h dans l'azote ont un $Q_{O_2} = 1,77$, stable 240 mn, soit 50 % du Q_{O_2} initial. Celles qui ont séjourné dans CO ont un $Q_{O_2} = 1,31$, qui tombe à 0,80 en 240 mn.

Il résulte donc de ces expériences : 1° que CO inhibe la « glycolyse anaérobie »; 2° qu'après un séjour prolongé dans CO, les systèmes respiratoires sont partiellement inhibés; 3° qu'après un séjour prolongé dans l'azote, la respiration, quoique plus faible, reste stable, tandis qu'après un séjour dans CO la respiration est non seulement diminuée, mais continue à décroître.

Pendant la fructification, l'action de CO est différente. Le Q_{O_2} de la 3e feuille (feuille jaune) est voisin de 2,6. Le $Q_{CO_2}^{N_2} = 0,89$, puis monte à 1,98 en 4 h. Le $Q_{CO_2}^{CO} = 1,28$, puis 1,98 en 2 h. A ce moment, on remplace CO par N_2, et $Q_{CO_2}^{N_2}$ devient 1,18, puis 1,38 après 2 h.

Dans un autre essai (avec des rondelles de 12 mm de 4e feuille), dont le $Q_{O_2} = 1,72$, et QR 0,91, nous avons étudié les Q_{CO_2} alternativement dans CO et dans N_2. Après un séjour de 80 mn dans N_2, $Q_{CO_2}^{N_2} = 0,96$, de 80 à 140 mn dans CO, $Q_{CO_2}^{CO} = 1,45$ puis, de 140 à 200 mn dans N_2, $Q_{CO_2}^{N_2} = 1,04$; soit une exaltation de 51 % dans CO. Finalement, quand les rondelles sont remises à l'air, la respiration reprend sa valeur initiale.

L'oxyde de carbone exalte donc la « glycolyse anaérobie » des feuilles, au stade de la fructification, et l'inhibe au contraire, au stade de la croissance. Cette exaltation cesse quand on remet les feuilles en atmosphère d'azote.

ALGOLOGIE. — *Un nouveau genre de Rhodophycée parasite d'une Delesseriacée.* Note de M. **Jean Feldmann** et Mme **Geneviève Feldmann**, présentée par M. Roger Heim.

Asterocolax Erythroglossi nov. gen., nov. sp., parasite de l'*Erythroglossum Sandrianum* (Zan.) Kylin présente une fronde à rameaux aciculaires étoilés comme les parasites du genre *Polycoryne*, mais leur croissance s'effectue aux dépens d'une cellule initiale à division transversale. Il existe un parallélisme très net entre le mode de croissance et les organes reproducteurs du parasite et ceux de leur hôte.

Sur une Delesseriacée : *Erythroglossum Sandrianum* (Zanard.) Kylin,

draguée dans la rade de Brest, nous avons observé une petite Rhodophycée parasite qui nous paraît constituer le type d'un genre nouveau : *Asterocolax Erythroglossi* nov. gen., nov. sp. Ce parasite forme, vers la marge de la fronde membraneuse de l'hôte, des masses étoilées hautes de 1 à 1,5 mm, formées d'un groupe de rameaux coniques, le plus souvent simples et à sommet acuminé, naissant d'une partie basale hémisphérique commune, adhérant étroitement à l'hôte dans le tissu duquel pénètrent des filaments ramifiés s'insinuant entre ses cellules.

Les rameaux de l'*Asterocolax* croissent aux dépens d'une cellule initiale, terminale, à division transversale, donnant naissance à une file de cellules constituant le filament axial et produisant des cellules corticales. Ces cellules corticales, souvent binucléées, sont pourvues de rhodoplastes en forme de plaquettes ovoïdes, de petite taille, et paraissant à peu près dépourvues de pigments assimilateurs.

Nous avons seulement observé des tétrasporophytes et des gamétophytes mâles, morphologiquement identiques. Les tétrasporophytes étaient pourvus de tétrasporocystes à division tétraédrique, situés entre les cellules corticales, en rangées irrégulièrement transversales, vers le sommet des rameaux. Les tétraspores sont bourrées d'amidon floridéen et présentent une très légère teinte rose indiquant la présence de traces de phyoérythrine. Les gamétophytes mâles sont presque entièrement couverts de spermatocystes produits par les cellules corticales. Nous avons constaté, dans un cas, un hyperparasitisme des individus mâles : un tétrasporophyte portait, sur ses rameaux, deux gamétophytes mâles de petite taille mais déjà très fertiles.

On sait qu'il existe, chez les Rhodophycées, d'assez nombreux genres parasites caractérisés par leur appareil végétatif réduit et souvent dépourvu de pigment, ayant parfois l'aspect de tumeur et qui présentent cette particularité de posséder un mode de croissance et des organes reproducteurs identiques à ceux de leur hôte. Chez les Delesseriacées, on connaissait déjà trois genres de ces parasites. Deux d'entre eux (*Gonimocolax* Kylin et *Gonimophyllum* Batters) possèdent une fronde formée de petites folioles membraneuses. Un troisième genre, le genre *Polycoryne* Skottsberg ressemble beaucoup à l'*Asterocolax* par ses rameaux arrondis groupés en étoile. L'espèce-type de ce genre, *P. radiata* Skottsb., est parasite d'une Delesseriacée du genre *Myriogramme* Kylin et, comme son hôte, dépourvue d'une cellule initiale à division transversale. L'*Asterocolax*, au contraire, parasite de l'*Erythroglossum*, c'est-à-dire d'une Delesseriacée appartenant au groupe *Phycodrys*, présente, comme son hôte, une cellule initiale à division transversale révélant donc une étroite parenté systématique avec celui-ci, plutôt qu'avec le genre *Polycoryne*.

Certaines espèces de *Polycoryne* et notamment le *P. denticulata* Tokida,

décrit du Japon où il vit en parasite sur un *Phycodrys* et qui possède, comme son hôte, une cellule initiale à division transversale, doivent être rattachées au genre *Asterocolax* (*A. denticulata* comb. nov.) ([1]).

BIOLOGIE ANIMALE. — *Régénérats germinaux multiples chez* Arion rufus *L.* Note (*) de M. **Pierre Laviolette**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La greffe de tronçons de canal hermaphrodite peut provoquer chez *Arion rufus* L. la différenciation simultanée de plusieurs régénérats germinaux. Un mécanisme de régulation quantitative paraît alors intervenir au cours de cette différenciation.

Des tronçons de canal hermaphrodite et d'artère génitale accolés ou isolés, longs de 1 à 2 mm, sont implantés au moment de la castration, en divers points de la cavité générale. Le lieu d'implantation choisi est, le plus souvent, la zone occupée normalement par la gonade; mais quelques greffes ont été réalisées dans des régions différentes, au contact de l'estomac ou de l'hépatopancréas. Il s'agit dans tous les cas d'autogreffes.

1. L'évolution de ces greffons apporte tout d'abord une confirmation aux résultats exposés dans une précédente Note ([1]). Un fragment d'artère génitale isolée est, en effet, incapable de déterminer l'apparition d'un blastème de régénération à caractère germinal. Il peut être entièrement résorbé, ou progressivement inclus à l'intérieur d'un nodule conjonctif banal. Un tel greffon présente cependant l'avantage de pouvoir être considéré comme un utile témoin.

Un tronçon de canal hermaphrodite, accompagné ou non de l'artère génitale, se révèle, par contre, susceptible de différencier un régénérat de type génital, au même titre que l'extrémité réséquée du canal en place. Cette différenciation se présente d'ailleurs d'une façon analogue et s'effectue dans les mêmes délais.

([1]) Asterocolax *nov. gen.* — *Frons parasitica usque ad* 1,5 mm *alta, albescens vel pallidissime rosea, e ramis simplicibus vel parce ramosis, cylindraceo-conicis, stellatim aggregatis, constituta et disco hemisphærico irregulari, rhizoides intercellulares emittente, versus marginem frondis hospitis, inserta.*

Incrementum frondis ope cellulæ apicalis transverse septatæ, ut in genere Erythroglosso.

Tetrasporocystes pallide roseæ, tetrædrice divisæ, versus apicem ramorum dispositæ et irregulariter transversaliter seriatæ.

Sori spermatocystorum fere omnino superficiem frondis obtegentes.

Plantæ fœmineæ ignotæ.

Species typica : Asterocolax Erythroglossi *nov. sp. in* Erythroglosso Sandriano *prope* « *Brest* » *parasitica.*

(*) Séance du 29 octobre 1951.

([1]) P. Laviollette, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 892.

2. L'évolution de ces greffons à potentialité germinale pose, par ailleurs, un nouveau problème : elle conduit à la différenciation simultanée sur le même individu de plusieurs régénérats germinaux. En effet, chez le castrat porteur d'un greffon, le tronçon de canal implanté d'une part, et, d'autre part, l'extrémité libre du canal hermaphrodite peuvent être simultanément le siège d'un phénomène de régénération germinale. On constate alors dans les deux foyers, des anomalies de la régénération qui ne se rencontrent jamais chez un castrat simple.

On peut grouper les résultats obtenus autour de trois cas types comportant entre eux plusieurs intermédiaires :

a. Régénération germinale normale à l'extrémité libre du canal hermaphrodite. Le greffon a dégénéré.

b. Canal hermaphrodite en place et greffon isolé constituent deux foyers distincts. Mais chacun d'eux montre des indices de dégénérescence.

c. Le greffon seul, et c'est le cas le plus remarquable, a provoqué la différenciation d'un blastème avec éléments germinaux. Le canal hermaphrodite au niveau de la section ne présente qu'un nodule cicatriciel banal.

Une telle absence de régénération germinale n'ayant jamais été constatée au niveau du canal hermaphrodite réséqué chez un castrat normal de même âge, il faut admettre qu'une influence inhibitrice se manifeste ici. Seul le greffon ou le régénérat qu'il a différencié peut en être rendu responsable.

Par contre, la dégénérescence complète du greffon (cas *a*), qui semble n'avoir que de banales raisons trophiques, pourrait, en fait, se trouver déterminée au moins en partie, par l'action inhibitrice du régénérat normal apparu sur le canal hermaphrodite en place.

Enfin, cette hypothèse permet d'expliquer la dégénérescence partielle des régénérats (cas *b*), si l'on admet que l'influence inhibitrice puisse être réciproque. Il s'agirait alors d'une véritable compétition entre les deux régénérats.

Des observations faites au cours d'autres expériences (greffes de gonades sur des animaux non castrés), viennent d'ailleurs à l'appui de cette hypothèse.

En effet, lorsque sont réunies certaines conditions (il est nécessaire, en particulier, que le greffon soit aussi semblable que possible, par la taille et par l'âge, à la gonade du porte-greffe), un antagonisme greffon-gonade se manifeste par l'apparition d'indices de dégénérescence affectant l'un ou l'autre des deux éléments. Le plus souvent, c'est le greffon qui disparaît. Cependant, plusieurs cas ont été constatés, dans lesquels une inhibition réciproque équilibrée se traduit par une régression atteignant les deux organes. Enfin, la gonade est parfois seule à montrer des indices d'inhibition, le greffon ayant alors nettement proliféré.

Il se dégage de ces deux séries d'observations différentes une notion commune : les divers aspects de l'inhibition réciproque qui se manifeste entre deux foyers germinaux portés par le même individu et qui se traduit par la limitation quantitative du développement d'un ou des deux foyers en présence, ne peuvent être que l'expression d'un phénomène de régulation.

Le fait même de cette interaction paraît s'imposer, mais le mécanisme en reste obscur. Des recherches en cours permettront peut-être de préciser certaines de ses modalités.

NUTRITION. — *Participation de la biotine au contrôle* in vivo *de l'uréogénèse.* Note de Mlle **Thérèse Terroine** et M. **Pierre Rombauts**, présentée par M. André Mayer.

La biotine exerce un contrôle certain quoique assez faible de l'uréogénèse dans les métabolismes exogène et endogène. La carence en biotine détermine, en effet, une diminution de N. urée et une forte augmentation de $N.NH_3$ et $N.NH_2$ de l'urine. Elle provoque en outre une créatinurie marquée.

Des travaux récents ont montré que la biotine catalyse *in vitro* une des étapes du cycle de l'uréogénèse de Krebs en favorisant le passage de l'ornithine à la citrulline (Mac Leod et coll.).

Il nous a paru intéressant de chercher à vérifier *in vivo* une telle constatation en examinant dans quelle mesure la biotine contrôle la grandeur de l'uréogénèse chez le Rat. Dans ce but, il suffit essentiellement de comparer la répartition relative de N. urée, $N.NH_3$, $N.NH_2$ par rapport à la somme des déchets protidiques entre des rats normaux d'une part et des rats carencés en biotine de l'autre.

Nous déterminerons, de plus, le taux de la créatine dont la grandeur constitue un indice des modifications éventuelles du catabolisme protidique.

Le régime de carence en biotine contient en % : blanc d'œuf sec 22, saccharose 64, graisse 8, mélange salin 4, cellulose 2, et renferme toutes les vitamines sauf la biotine. Dans le régime témoin, la caséine est substituée au blanc d'œuf et l'on ajoute 200 γ de biotine par kilogramme sec. Enfin, à titre de contre-épreuve, nous étudions les réactions des deux lots d'animaux, carencés ou normaux, à une forte surcharge en biotine.

Tous les animaux carencés ont présenté, outre l'arrêt de croissance, les symptômes caractéristiques de la déficience en biotine : alopécie généralisée, « lunettes » autour des yeux et souvent démarche typiquement anormale (port du kangourou). L'essentiel de nos résultats est condensé dans le tableau ci-après :

		Régime à 22 % de protides.		Régime d'inanition protéique.	
		Rats normaux (4 animaux).	Rats carencés (8 animaux).	Rats normaux (4 animaux).	Rats carencés (8 animaux).
Poids des animaux	I	254	138	210	127
	II	271	160	–	–
N. total mg./24 heures	I	302	245	54,0	38,87
	II	264	280	–	–
$\frac{\text{N. urée}}{\text{N. urée N.NH}_3\text{N.NH}_2} \times 100$	I	96,0	92,5	92,6	88,1
	II	96,4	96,1	–	–
$\frac{\text{N.NH}_3}{\text{N. urée N.NH}_3\text{N.NH}_2} \times 100$	I	1,6	2,8	2,6	5,0
	II	1,9	1,2	–	–
$\frac{\text{N.NH}_2}{\text{N. urée N.NH}_3\text{N.NH}_2} \times 100$	I	2,3	4,6	4,5	6,7
	II	2,9	2,6	–	–
N. créatine en % N. total	I	0,18	0,67	0,73	5
	II	0,26	0,21	–	–

I. Métabolisme des rats normaux et carencés en biotine.
II. Métabolisme en période de surchage en biotine.

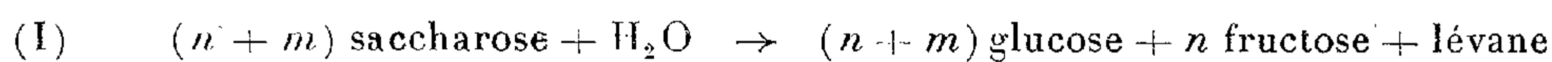
La carence en biotine freine incontestablement la production d'urée dans le métabolisme exogène, tandis qu'elle augmente considérablement le pourcentage de $N.NH_3$ et $N.NH_2$ dans la somme des déchets protidiques. Par ailleurs, une créatinurie nette témoigne également d'une déviation vers la créatine d'acides aminés normalement uréifiés. La surcharge ultérieure en biotine (lignes II) provoque le retour à la normale du taux de répartition de N urinaire. Elle est tout naturellement sans effet chez les animaux normaux. Nous avons trouvé les mêmes résultats pour le métabolisme endogène, c'est-à-dire chez des rats placés en inanition protéique.

L'action de la biotine sur l'uréogénèse nous semble donc certaine, quoique assez faible et sans commune mesure avec celle que l'on aurait pu déduire *a priori* des expériences *in vitro*. Il faudrait donc admettre dans la complexité des mécanismes *in vivo*, soit que la carence laisse à l'animal assez de biotine pour catalyser le passage de l'ornithine à la citrulline (cette hypothèse mettant en jeu l'action vicariante d'autres vitamines), soit qu'il existe d'autres processus d'uréogénèse que le cycle de Krebs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Produits intermédiaires dans la synthèse des lévanes par des extraits enzymatiques de* Bacillus subtilis. Note de MM. **Gabriel Kohanyi** et **Raymond Dedonder**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Un certain nombre de microorganismes, lorsqu'ils sont cultivés sur saccharose ou raffinose, donnent naissance à des lévanes, polyholosides de poids moléculaire élevé, formés de restes de fructose liés par les carbones 2 et 6.

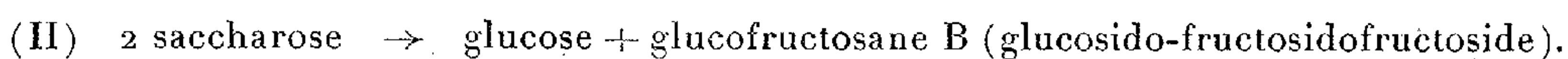
Hestrin et Aveneri-Shapiro [1] ont étudié particulièrement la synthèse *in vitro* des lévanes par des extraits enzymatiques de *Aerobacter levanicum* et *B. subtilis*. Ils montrent que la réaction à partir du saccharose peut s'écrire :



(I) $(n+m)$ saccharose $+ H_2O \rightarrow (n+m)$ glucose $+ n$ fructose $+$ lévane

et précisent que les composants non réducteurs du mélange incubé consistent en une substance précipitable par l'alcool, la lévane, et une substance non précipitable par l'alcool, hydrolysable par l'invertase, qui doit être du saccharose ou un mélange de cette substance avec un sucre plus élevé, mais voisin du saccharose par ses propriétés. Cette dernière alternative leur semble improbable et en tous cas sans support expérimental. Ils en concluent que les seuls produits de la réaction sont bien ceux indiqués dans l'équation (1).

Cependant les travaux de l'un de nous [2] ont montré que les glucofructosanes du Topinambour, polyholosides formés d'un reste de glucose et de restes de fructose liés par les carbones 1 et 2, sont synthétisés par un enzyme non phosphorylant, l'inulosucrase, suivant le schéma



(II) 2 saccharose $\rightarrow$ glucose $+$ glucofructosane B (glucosido-fructosidofructoside).

La réaction donnant naissance à toute une série de glucofructosanes ne différant l'un de l'autre que par un fructose en plus ou en moins, nous avons étudié la réaction de synthèse des lévanes par les mêmes techniques.

Ne possédant pas la souche *Aerobacter levanicum* d'Hestrin, nous avons utilisé une variété de *B. subtilis*, B. G. 2 F 1. Selon Hestrin [3] ces souches sont moins favorables car l'enzyme est plus difficile à extraire et elles semblent contenir un enzyme hydrolysant les lévanes [4].

Les extraits ont été obtenus par broyage de microbes non sporulés, cultivés en fioles agitées, sur milieu liquide avec saccharose. Des quantités variables d'extraits additionnées de saccharose (5 à 10 %) sont mises à incuber à 30°, en présence ou non de glucose, avec une goutte de toluène. On prélève de temps en temps des échantillons que l'on défèque [SO_4Zn et $Ba(OH)_2$] et que l'on porte sur la ligne de départ de chromatogrammes sur papier. Ceux-ci sont développés par le mélange butanol-éthanol-eau et révélés selon notre technique de double coloration (phtalate acide d'aniline puis urée en milieu chlorhydrique).

Les incubats faits avec des solutions concentrées d'enzyme montrent une formation rapide de lévanes avec mise en liberté de glucose et de fructose.

(1) *Biochem. J.*, 38, 1944, p. 2.
(2) R. Dedonder, *Bull. Soc. Chim. Biol.* (en préparation).
(3) Communication personnelle.
(4) M. Doudoroff et R. O'Neal, *J. Biol. Chem.*, 159, 1945, p. 585.

On aperçoit cependant sur certains chromatogrammes une traînée reliant le saccharose résiduel à la tache de lévane non déplacée.

Avec de plus faibles quantités d'enzyme, au contraire, surtout en présence de glucose ajouté, on observe une très faible synthèse de lévane et une tache très importante, à peu près au niveau du raffinose; d'autres taches plus faibles sont visibles entre celle-ci et la tache de lévane. Elles sont toutes colorées en vert-noir, comme le fructose et les fructosanes. Lorsque la réaction s'est poursuivie jusqu'à la consommation presque complète du saccharose, on aperçoit une autre tache qui vient tout de suite après le saccharose, mais qui ne présente pas tout à fait la même teinte; elle est plus brunâtre. Nous ne pouvons actuellement rien dire quant à la nature de cette tache.

Les autres taches semblent correspondre à des polyosides de condensation différente. Bien que les extraits de *B. subtilis* soient réputés pour contenir un enzyme hydrolysant, nous ne pensons pas qu'il s'agisse là de produits d'hydrolyse simple, car ils apparaissent avant que l'on puisse mettre en évidence des quantités notables de lévane, et dans les incubats riches en enzyme, où il se forme beaucoup de lévane, on n'observe pas l'apparition ultérieure des taches intermédiaires.

Nous pensons donc que nous sommes là en présence de glucides faiblement polymérisés, étapes dans la synthèse des lévanes par l'enzyme de *B. subtilis*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la sécrétion d'acide formique par les fourmis.* Note de M. **Robert Stumper**, présentée par M. Maurice Caullery.

En dehors de la détermination de la concentration en HCOOH dans le venin de *Formica rufa* et des quantités absolues et relatives de cet acide contenues dans le corps d'un certain nombre d'espèces de fourmis, nos recherches [1] avaient abouti à la conclusion que seule la sous-famille des Camponotines produit cet acide. Mais sa sécrétion pose toujours des problèmes à résoudre : mécanisme chimique de la production de HCOOH, variations individuelles de cette sécrétion, facteurs la déterminant. Nous avons repris nos travaux, en perfectionnant les méthodes de dosage.

L'acide formique peut être présent, mais en quantités relativement faibles, dans le corps des fourmis piquantes, par exemple chez des *Myrmica* :

Espèce examinée.	Provenance.	Poids moyen d'une fourmi (mg).	Quantité d'acide formique par individu (mg).	Proportion % (rapportée au poids de la fourmi).
Myrmica rubida	Saas-Fee	4,8	0,015	0,31
» »	Lausanne	6,5	0,023	0,35
» *ruginodis* ...	Luxembourg	0,35	0,0007	0,20

(1) R. Stumper, *Bull. Soc. Natur. Luxembourg*, 1922; *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 66 et p. 413; *Ibid.*, **176**, 1923, p. 330; *Ann. Sc. Nat.*, 1922, p. 105-112; *Strasbourg Médical*, **81**, 1923, p. 472-477; *Nature*, 1924, p. 351-352; *Atomes*, 1950, p. 272-274.

La concentration moyenne en HCOOH dans le venin éjaculé est de 48,8 % pour *Formica rufa* (valeurs minima et maxima : 41,5 et 54 % ; 10 dosages) et de 48,6 % pour *F. pratensis* (minima et maxima : 42,1 et 52,6 % ; 8 dosages).

Afin de nous rendre compte des variations individuelles, nous avons déterminé ces valeurs sur 200 individus de *Formica pratensis* d'un même nid (Luxembourg). Chaque fourmi a été pesée individuellement sur une balance de haute précision; et, dans chaque individu, tué à l'éther, nous avons dosé l'acide formique libre présent, par titration directe au moyen d'une microburette de l'extrait aqueux du corps broyé à l'eau et d'une solution centième normale de NaOH, en présence de phénolphtaléine comme indicateur. Des essais préalables nous ont prouvé la validité de ce dosage. Entre la mort de la fourmi et le dosage, il ne s'écoulait que 3 h au plus. Les diagrammes 1 et 2

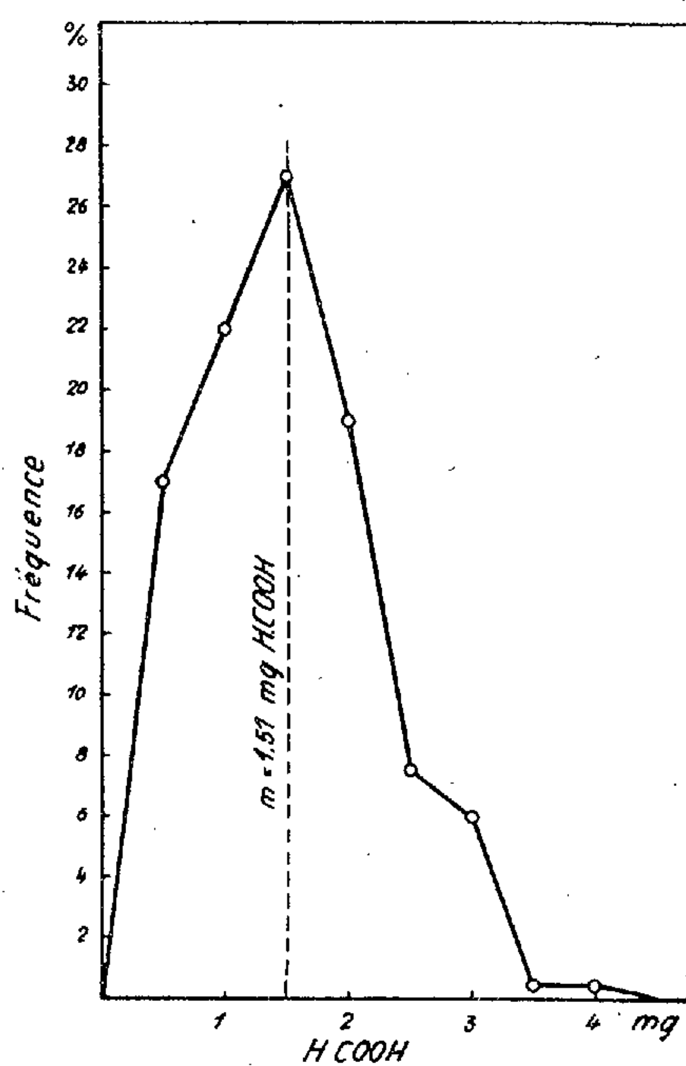


Fig. 1.

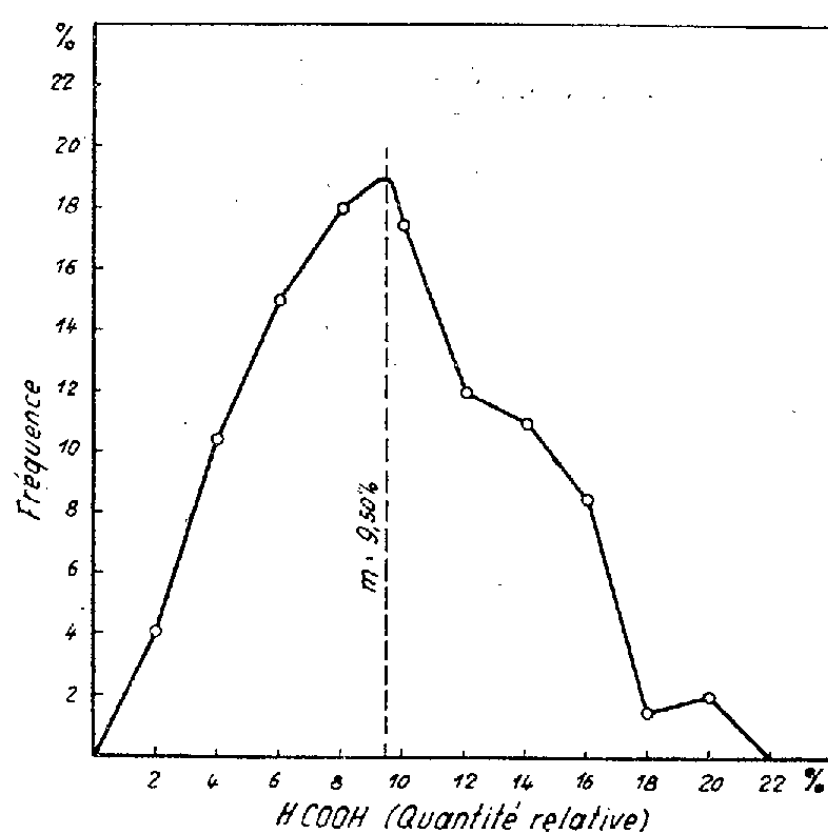


Fig. 2.

montrent les courbes de fréquence afférentes, le premier donnant les fréquences pour-cent des quantités de HCOOH (en mg) par individu, le second donnant ces quantités relatives, rapportées au poids de la fourmi (= proportion %). Nous avons fait ensuite l'analyse statistique sommaire du phénomène en calculant les coefficients de corrélation entre les quantités absolues et relatives de HCOOH et le poids des fourmis examinées, poids rigoureusement proportionnel à leur taille :

Formica pratensis.	Moyenne arithmétique.	Valeur minimum.	Valeur maximum.	Écart type.	Coefficient de corrélation avec le poids des fourmis.
Poids de la fourmi (mg).	16,03	3,8	25,2	±3,57	–
Quantité de HCOOH par individu (mg)...	1,509	0,28	4,14	±0,74	+0,4534
Proportion relative de HCOOH (%).......	9,51	1,95	20,70	±4,20	−0,0918

Les poids individuels des *F. pratensis* du nid examiné variant entre 3,6 et 25,2 mg (c'est-à-dire de 1 à 6,7 !), les quantités de HCOOH varient entre 0,28 et 4,14 mg par individu (c'est-à-dire de 1 à 15 !) et les proportions de HCOOH exprimées en pour-cent du poids de la fourmi entre 1,95 et 20,70 % (c'est-à-dire de 1 à 10 !).

Alors qu'il existe une corrélation positive nette entre la quantité de HCOOH et le poids (= taille) de la fourmi, la corrélation entre la quantité relative de HCOOH et le poids individuel est pratiquement négligeable. D'autres dosages nous ont montré qu'il peut également exister une corrélation positive entre la proportion de HCOOH et le poids de la fourmi. Si la quantité de HCOOH sécrétée par une fourmi dépend de sa taille (= poids). elle dépend aussi d'autres facteurs endogènes (activité de la glande) et exogènes (température, genre d'alimentation) et aussi de facteurs externes fortuits (degré variable de remplissage de la vessie, suivant l'état d'irritation de la fourmi).

Signalons encore un fait très intéressant : la célèbre fourmi amazone *Polyergus rufescens* (*Camponotinæ*) qui a, comme arme essentielle, des mâchoires en faucilles, ne sécrète pratiquement pas d'acide formique (0,50 %), et son appareil vénénifique ne peut qu'être fort rudimentaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Euglobuline* III-*α-lipoglobuline de caractères chimiques définis*. Note (*) de MM. **Robert Vargues** et **Georges Sandor**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Euglobuline III est une α-globuline sérique, homogène à l'électrophorèse, contenant 30 à 32 % de substances lipoïdiques.

Machebœuf [1] décrit une fraction des protéides sériques contenant une proportion très élevée et constante de substances lipoïdiques. Mais, jusqu'à maintenant, Cohn et ses collègues [2] seuls ont obtenu, à partir

(*) Séance du 22 octobre 1951.

(1) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 8, 1925, p. 464; **11**, 1929, p. 260-485.

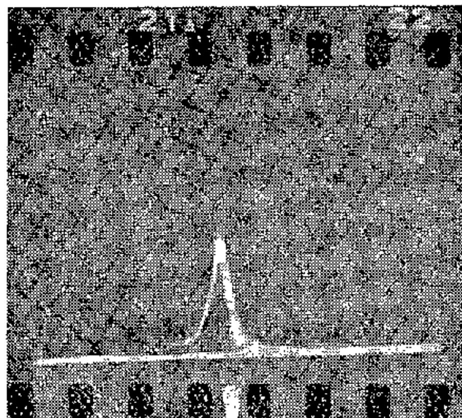
(2) Cohn, Strong, Hughes Jr, Mulford, Ashworth, Melin et Taylor, *J. Amer. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 459.

du sérum, un protéide, riche en lipides, et homogène à l'électrophorèse. Conformément aux prévisions de Blix, Tisélius et Svensson ([3]), il s'agit d'une α-globuline.

La méthode de Cohn est prolongée et met en œuvre des solvants organiques. Donc, le complexe pouvait n'être qu'un artefact. Ci-après nous rapportons l'isolement d'une α-globuline qui contient, en proportion définie, un taux élevé de lipides. D'autre part, cette lipoglobuline est obtenue sans fractionnement poussé, par une méthode très ménagée.

L'euglobuline III brute est l'ensemble des protéides qui précipitent, au-dessous du pH 6, à partir du sérum dialysé et dilué ([4]). Elle contient, déjà, une proportion élevée de graisses (14 à 18 %). A l'électrophorèse on la sépare en un mélange de α- et γ-globulines.

La fraction brute est dissoute dans l'eau, vers pH 3,8 à 4, à l'aide de l'acide chlorhydrique dilué, puis on alcalinise avec la soude diluée pour recueillir le premier précipité qui se sépare entre pH 4,6 et 4,8. Il est dissous à nouveau vers pH 4 et précipité une deuxième fois entre pH 4,6 et 4,8. On obtient ainsi une fraction homogène à l'électrophorèse (*figure*). La mobilité est celle d'une α-globuline relativement lente ($3{,}2.10^{-5}$ à pH 7,6-7,7, en présence d'un tampon phosphate M/50 et M/10 NaCl).



La fraction précipite isoélectriquement à pH 5,5. Elle se dissout assez facilement des deux côtés de ce pH pour donner une solution fortement opalescente. Elle contient 30 à 32 % de lipides, constitués par un mélange de stérides, phosphatides et de glycérides, à peu près en égale proportion.

La même fraction peut être obtenue d'une manière encore plus immédiate. Le sérum est amené à pH 4 à 4,1 à l'aide de l'acide chlorhydrique dilué, puis dialysé pendant 48 h à la glacière contre un excès d'une solution aqueuse de phosphate monopotassique M/100 et d'acide acétique N/100 (pH 4 à 4,1). Le sérum dialysé est dilué au 1/4 et l'α-lipoglobuline précipite alors, soit directement, soit après une alcalinisation incipiente.

([3]) *J. Biol. Chem.*, 137, 1941, p. 485.

([4]) Sandor et Ceddaha, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1005.

Il est presque certain que cette lipoglobuline que l'on isole après une simple dialyse et acidification ménagée, préexiste dans le sérum. Mais, les substances lipoïdiques attachées au protéide sont constituées par un mélange, en proportion égale, de phosphatides, de glycérides et de stérides. Donc, manifestement, des liens de valence résiduelle seuls peuvent unir les composants lipoïdiques avec les polypeptides.

L'euglobuline III qui, ainsi, apparaît comme une α-lipoglobuline authentique est intéressante aussi du point de vue physiopathologique. L'un de nous a montré (5) qu'alors qu'elle disparaît dans la cirrhose et le myxœdème, dans la néphrose lipoïdique, tout au contraire, cette fraction (ou des fractions comparables) représente la totalité des euglobulines sériques.

MICROBIOLOGIE. — *Sort du virus encéphalitogène Coxsackie inoculé dans l'encéphale des Souris adultes.* Note (*) de MM. **Constantin Levaditi, Aron Vaisman** et **François Dunoyer**, présentée par M. Gaston Ramon.

Les divers types de virus Coxsackie ne sont pas pathogènes pour les souris adultes [Dalldorf et Sickles (1); Melnick (2); C. Levaditi (3)]. Il en est ainsi du type B, exclusivement encéphalitogène pour les souriceaux à la mamelle. Nous avons entrepris de préciser le sort de ce type d'ultragerme inoculé dans l'encéphale des souris adultes, en utilisant la technique que voici :

Technique : Une émulsion au 1/10 de cerveaux de souriceaux, sacrifiés malades ou morts du 3e au 4e jour après contamination transcranienne, est inoculée dans l'encéphale d'un lot de souris adultes. Celles-ci sont sacrifiées 4, 8, 15, 24 h., 2, 3, 5 et 12 jours après l'inoculation. La présence du virus Coxsackie, type B, est détectée dans le névraxe par inoculation d'émulsion à 1/10 dans le cerveau de souriceaux nouveau-nés (âgés de 3 à 4 jours).

Résultats : 1. *Examen après 4 h. — a. Souris donneuses* (550 et 551). Méningite discrète de la corticalité et des septums, à polynucléaires et à rares monocytes. *b. Souriceaux-tests.* Au nombre de six (de 576 à 581); ces souriceaux ont été sacrifiés malades ou sont morts du quatrième au cinquième jour. Lésions intenses, type B.

2. Examen après 8 h. — *a. Souris donneuses* (552 et 553). — Légère méningite à polynucléaires de la corticalité et des septums.

(5) Sandor et Weill-Fage, *Ann. Inst. Pasteur*, **79**, 1950, p. 130; *Bull. Acad. Nat. Méd.*, **134**, 1950, p. 800; *La Presse Médicale*, **59**, 1951, p. 53.

(*) Séance du 8 octobre 1951.

(1) *Science*, **108**, 1948, p. 61; *Bull. N. Y. Acad. Med.*, **26**, 1950, p. 329.

(2) *Ibid.*, p. 342.

(3) *La Semaine des Hôpitaux de Paris*, **26**, 1950, p. 4541.

b. Souriceaux-tests. — Au nombre de sept (de 582 à 588); ces sujets ont été sacrifiés agonisants le 6ᵉ jour. Altérations intenses, type B.

3. EXAMEN APRÈS 15 H. — *a. Souris donneuses* (554 et 555). — Traces de méningite et de plexite à polynucléaires et à rares monocytes.

b. Souriceaux-tests. — Au nombre de cinq (de 589 à 593); ces animaux ont été sacrifiés agonisants le 6ᵉ jour. Lésions d'encéphalite, type B, intenses chez quatre sujets, moins marquées chez un cinquième.

4. EXAMEN APRÈS 24 H. — *a. Souris donneuses* (556 et 557). — Altérations de méningite corticale à polynucléaires chez l'une de ces souris, intégrité de l'encéphale chez la seconde.

b. Souriceaux-tests. — Au nombre de cinq (597 à 601); ces souriceaux sont morts ou ont été sacrifiés le 7ᵉ jour. Le cerveau d'un de ces animaux (597) s'est révélé exempt d'altérations encéphalitiques, celui d'un second animal (599) était fortement altéré, alors que ceux des trois autres n'offraient que des modifications histo-pathologiques atténuées.

5. EXAMEN LE 2ᵉ JOUR. — *Souris donneuses* (558 et 559). — Légères altérations de méningite à polynucléaires et à rares monocytes.

b. Souriceaux-tests. — Au nombre de sept (de 602 à 608); ces sujets sont morts ou ont été sacrifiés agonisants du 4ᵉ au 6ᵉ jour. Encéphalite Coxsackie, type B, chez cinq animaux; intégrité histo-pathologique de l'encéphale chez deux autres.

6. EXAMEN LE 3ᵉ JOUR. — *a. Souris donneuses* (560 et 561). — Légére méningite des septums chez un animal, absence de lésions chez le second.

b. Souriceaux-tests. — Au nombre de cinq (611 à 615); ces souriceaux ont survécu. Ils ont été sacrifiés le 35ᵉ jour. Intégrité histo-pathologique totale chez tous.

7. EXAMEN LE 5ᵉ JOUR. — *a. Souris donneuses* (562 et 563). — Une seule de ces souris a présenté des traces de méningite et de plexite à polynucléaires.

b. Souriceaux-tests. — Au nombre de cinq. Un seul est sacrifié, malade, le 8ᵉ jour; les autres ont survécu et ont été examinés le 33ᵉ jour. Seul l'animal mort offrait des altérations d'encéphalite, type B (passages positifs sur 5 souriceaux), les autres en étaient indemnes.

8. EXAMEN LE 12ᵉ JOUR. — *a. Souris donneuses* (564, 565 et 566). — Légère méningite corticale chez l'une de ces souris.

b. Souriceaux-tests. — Au nombre de six (de 650 à 655); tous ces sujets ont survécu et ont été sacrifiés le 25ᵉ jour. Absence d'altérations encéphalitiques.

Il en résulte ce qui suit : 1° L'inoculation intracérébrale du virus Coxsackie, type B, aux souris adultes ne déclenche, pendant 12 jours (temps extrême de nos observations), aucune altération neuronique témoignant en faveur des affinités neuronophiles de ce type de virus à l'égard des cellules nerveuses des souriceaux nouveau-nés. Par contre, des lésions minimes des méninges corticales et des plexus, caractérisées par une accumulation de polynucléaires et

de rares monocytes, se sont fait jour, lésions dont l'intensité a diminué progressivement au cours de l'essai.

2° La présence de quantités de virus dans l'encéphale de ces souris donneuses, suffisantes pour engendrer chez les souriceaux des modifications histo-pathologiques intenses et mortelles, a été constatée entre 4 et 15 h après l'inoculation.

3° Au delà de cette limite (24 et 48 h), une diminution de la teneur des cerveaux en virus s'est manifestée.

4° Enfin, à partir du 3e jour, les encéphales se sont montrés pratiquement exempts d'ultragerme. En effet, un seul souriceau sur cinq a fourni un résultat positif.

Conclusion. — *Le virus Coxsackie, type encéphalitique* B, *hautement virulent pour les souriceaux nouveau-nés, mais nullement pathogène en inoculation transcranienne pour les souris adultes, administré par voie intracérébrale à de telles souris, persiste localement pendant* 15 *h. La teneur du névraxe en éléments pathogènes diminue progressivement à partir de la* 24e *heure, pour s'annuler complètement au delà de ce laps de temps. La réaction histo-pathologique du cerveau des souris adultes se borne à une méningite légère ou insignifiante.*

La séance est levée à 16 h 15 mn.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1951.

Homenaje del panamericanismo medico a la memoria del Dr. Luis Razetti gloria de la medicina social contemporanea. Caracas, Casa de Especialidades, 1934; 1 vol. 23,5 cm.

The national Institute of Health. 1951. Shiba-Shirokane-Daimachi Minato-Ku. Tokyo, 1951; 1 fasc. 25,5 cm.

Chimie physique. II. *Équilibres en solutions. Phénomènes de surface,* in *Collection Euclide.* Paris, Presses universitaires de France, 1951; 1 vol. 19,5 cm (présenté par M. L. Hackspill).

Le chloramphénicol (chloromycétine) et ses applications thérapeutiques, par Constantin Levaditi. Paris, J.-B. Baillière, 1951; 1 vol. 25 cm (présenté par M. G. Ramon).

Répertoire des Bibliothèques de France. Centres et services de documentation, édité par l'Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture et la Direction des services des Bibliothèques de France. Paris, Bibliothèque nationale, 1951; 1 vol. 24 cm.

La structure de l'Atlantique, par J. P. Rothé. Estratto da *Annali di Geofisica,* Vol. IV, n° 1, 1951. Roma, Stampato dall' Istituto grafico tiberino; 1 fasc. 24 cm.

L'infracambrien, par Pierre Pruvost. Extrait du *Bulletin de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie.* T. LX. Fasc. 1, 1951. Bruxelles, Imprimerie Marcel Hayez; 1 fasc. 25 cm.

Ministerio de industria y comercio de la Nacion. Combustibles végetales y derivados. Direccion de agronomia. Departamento Forestal. *Forestacion mazaruca. Fabricacion de macetas de Barro crudo.* Buenos Aires, 1950; 1 fasc. 21 cm.

Index to the Proceedings philosophical transactions and Obituary notices of the Royal Society of London 1941-1950. London, Royal Society by the Cambridge University Press, 1951; 1 vol. 25 cm.

Catalogues des collections vivantes. Herbiers et documents III. *La mycothèque.* Premier supplément : *Micromycètes.* Paris, Muséum national d'histoire naturelle. Laboratoire de cryptogamie, 1951; 1 fasc. 22,5 cm (présenté par M. R. Heim).

Commission du châtaignier. *Bulletin technique châtaignier,* n° 3. *Semaine internationale du châtaignier. Septembre* 1950. Nancy, École nationale des eaux et forêts, 1951; 1 vol. 24,5 cm.

Colloques internationaux du centre national de la recherche scientifique. XXVI. *Mécanisme de la narcose.* Paris, 19-26 avril 1950. Paris, Centre national de la recherche scientifique, 1951; 1 fasc. 27 cm.

Bibliothèque cosmophysique. *Variations et origine du rayonnement cosmique. Conférences-Rapports* présentées devant la Société française de physique, les 3 et 10 mai 1946, revues et complétées en 1950, par ALEXANDRE DAUVILLIER. Paris, Éditions de la Revue d'optique théorique et instrumentale, 1951; 1 fasc. 24 cm (présenté par M. Ch. Maurain).

Gouvernement général de l'Algérie. Bulletin du service de la carte géologique de l'Algérie. Quatrième série. Géophysique. N° 2. *Étude gravimétrique de l'Algérie-Tunisie*, par JEAN LAGRULA. Alger, La Typo-Litho et Jules Carbonel réunis, 1951; 1 fasc. 24,5 cm.

Index to the Proceedings of the Royal Society of London (Old Series). Vols. 1-75. 1800-1905. London, Harrisson and Sons, 1913; 1 vol. 23 cm.

Index to the Proceedings of the Royal Society of London (1905-1930), *and to the Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (1901-1930). London, Harrisson and Sons, 1932; 1 vol. 25 cm.

Index to the Proceedings and Philosophical Transactions of the Royal Society of London 1931-1940. London, Royal Society and Cambridge University Press, s. d.; 1 vol. 25 cm.

Journées d'information sur la traction électrique par courant monophasé de fréquence industrielle. Annecy, 12 au 15 octobre 1951; 1 carton 27,5 cm.

République française. Présidence du Conseil. Commissariat général du Plan de modernisation et d'équipement. *État des opérations du plan de modernisation et d'équipement à la fin de* 1950. *Afrique du Nord.* Paris, 1951; 1 fasc. 31 cm.

La récession des nébuleuses extra-galactiques, par P. DRUMAUX, in *IIIe Congrès national des sciences.* Bruxelles, 1950; 1 feuillet 26,5 cm.

Annales de la Société scientifique de Bruxelles. Extrait : *La réunion des nébuleuses extra-galactiques*, par P. DRUMAUX, 5e et 6e parties. Louvain, Secrétariat de la Société scientifique de Bruxelles, 1950; 2 fasc. 24,5 cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 NOVEMBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **BINYAMIN AMIRA**, Professeur à l'Université de Jérusalem, qui assiste à la séance.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'établissement du régime des pressions dans un conduit de transport de gaz à grande distance.* Note de M. **GUSTAVE RIBAUD**.

Dans le transport du gaz à grande distance, l'étude du régime variable comporte, dans le cas général, des difficultés jusqu'ici inextricables si l'on veut résoudre les équations auxquelles conduit la mécanique des fluides; seules des approximations assez grossières permettent de fixer l'ordre de grandeur des phénomènes.

Nous n'envisageons ici que le cas le plus simple d'une canalisation vide, supposée très longue, dans laquelle, à une extrémité, on introduit un débit de gaz donné. La pression, maximum à tout instant au point d'entrée, va en s'atténuant avec la distance, pour s'éteindre à une distance suffisante. La courbe de répartition des pressions se modifie au cours du temps, le « front » de pression se « propageant » le long de la conduite suivant une loi que nous essaierons de préciser.

La mise en équation du problème diffère si l'on suppose que, sur toute l'étendue de « l'onde de pression », l'écoulement est laminaire ou turbulent. Nous rappelons d'abord les équations classiques du régime turbulent [1], en supposant, ce qui est valable, que les termes d'inertie peuvent être négligés dans les équations.

---

[1] Dans la pratique l'écoulement est toujours turbulent dans la zone d'entrée du conduit.

Régime d'écoulement turbulent. — Une première équation est obtenue en écrivant que la chute de pression le long de la conduite résulte du frottement turbulent sur les parois; cela conduit à l'expression $\partial P/\partial x = (K/D)(1/2)\rho u^2$, D représentant le diamètre et u la vitesse du fluide, K une grandeur que l'on peut considérer en première approximation comme constante ([2]). Au lieu de considérer la vitesse, il est commode de prendre pour variable en chaque point le débit Q de gaz, ramené à une pression de référence donnée, par exemple la pression atmosphérique. On est ainsi conduit à l'équation

$$\frac{\partial(P^2)}{\partial x} = -A\frac{Q^2}{D^5}. \tag{1}$$

Enfin l'équation de continuité s'écrit

$$\frac{\partial P}{\partial t} = -\frac{B}{D^2}\frac{\partial Q}{\partial x}. \tag{2}$$

Dans l'hypothèse d'une conduite infiniment longue, à l'entrée ($x = 0$) de laquelle on introduit une quantité de gaz pouvant être fonction du temps, les deux équations précédentes admettent une solution particulière de la forme ([3])

$$P = at^m f(xt^q), \tag{3}$$

$$Q = bt^n \varphi(xt^q), \tag{4}$$

les fonctions f et φ étant supposées égales à 1 pour $x = 0$ et égales à zéro pour $x = \infty$. Désignons par z la variable auxiliaire xt^q. Nous aurons les constantes m, n et q en dérivant P et Q et transportant dans les équations (1) et (2). On est ainsi conduit à

$$2a^2 t^{2m+q} f(z) f'(z) = -\frac{Ab^2}{D^5} t^{2n} \varphi^2(z), \tag{1 bis}$$

$$at^{m-1}[qzf' + mf] = -\frac{Bb}{D^2} t^{n+q}\varphi, \tag{2 bis}$$

L'identification, dans ces équations, nécessite les égalités

$$2m + q = 2n, \qquad m - 1 = n + q.$$

Ce qui conduit à

$$m = n + \frac{1}{3}, \qquad q = -\frac{2}{3}.$$

Nous n'envisagerons pas le cas général de n quelconque; c'est-à-dire de l'introduction dans la conduite d'une quantité de gaz variant suivant une puissance entière du temps, nous ne traiterons que le cas pratique d'un compresseur

---

([2]) En réalité elle est sensiblement proportionnelle à $D^{0,20}$ et à $u^{-0,20}$.

([3]) Nous avons déjà attiré l'attention sur des solutions de cette forme dans la résolution de l'équation de Fourier en chaleur. (*Comptes rendus*, 226, 1948, p. 140 et 204.)

volumétrique déversant dans la conduite un débit de gaz Q_0 constant. Dans ces conditions on a $n=0$, $b=Q_0$ et par suite

$$Q = Q_0\,\varphi\left(xt^{-\frac{2}{3}}\right) \tag{5}$$

et enfin, d'après (3)

$$P = A\,Q_0 D^{-\frac{5}{2}} t^{-\frac{1}{3}}\left(xt^{-\frac{2}{3}}\right). \tag{6}$$

Cette dernière équation montre qu'à l'entrée de la conduite la pression monte proportionnellement à la racine cubique du temps, proportionnellement à Q_0 et en raison inverse de $D^{5/2}$. Des mesures effectuées sur deux feeders de diamètres différents confirment nettement ces conclusions.

Il reste à déterminer les fonctions f et φ de la variable $z=xt^{-\frac{2}{3}}$; les équations (1 *bis*) et (2 *bis*) s'écrivent

$$2ff' = -\varphi^2, \tag{7}$$

$$-2zf' + f = -3\varphi'. \tag{8}$$

Pour la résolution de ce système, sans chercher une grande précision, qui d'ailleurs nous le verrons se révélerait superflue, nous avons opéré de la façon suivante. On remarquera que, pour $z=0$, f et φ étant égales à 1, on a $f'=-(1/2)$ et $\varphi'=-(1/3)$. On peut dès lors calculer des valeurs approchées de f, f', φ et φ' en adoptant des valeurs de z croissant de 0,2 en 0,2; pour $z=0,2$ on a

$$f = 1 - \frac{0,2}{2} = 0,900, \qquad \varphi = 1 - \frac{0,2}{3} = 0,933, \qquad -f' = \frac{\varphi^2}{2f} = \frac{(0,933)^2}{2\times 0,900} = 0,484;$$

$$-\varphi' = \frac{-2zf' + f}{3} = 0,364$$

pour

$$z = 0,4 \qquad f = 0,900 - 0,484\times 0,2 = 0,803;$$

$$\varphi = 0,933 - 0,2\times 0,364 = 0,860 \qquad -f' = \frac{(0,860)^2}{2\times 0,803} = 0,460$$

et ainsi de suite.

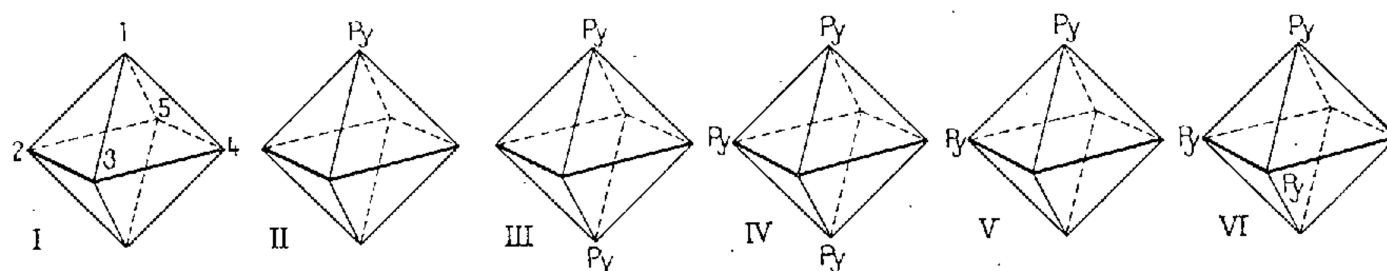
z.	f.	$-f'$.	φ.	$-\varphi'$.
0	1	0,500	1	0,333
0,4	0,803	0,460	0,860	0,390
0,8	0,628	0,387	0,697	0,416
1,2	0,482	0,293	0,531	0,395
1,6	0,375	0,192	0,379	0,330
2,0	0,307	0,106	0,256	0,244
2,4	0,271	0,051	0,166	0,172
2,8	0,254	0,020	0,102	0,122
3,2	0,246	0,0085	0,057	0,100
3,6	0,243	0,0015	0,010	0,08

Le calcul, ainsi poursuivi, conduit au tableau ci-dessus. Nous ne l'avons pas prolongé au delà de la valeur $z = 3,6$; pour $z = 4$ la fonction φ s'annule et devient négative, alors que f conserve dans cette région une valeur positive sensiblement constante. Du point de vue physique il y a là une incontestable anomalie. L'explication doit être recherchée dans le fait que, dans la partie avant de la zone de pression, le débit Q étant faible, l'écoulement n'est pas turbulent. Aussi paraît-il intéressant d'étudier l'aspect de la zone de pression dans l'hypothèse d'un écoulement laminaire. Cette étude fera l'objet d'une prochaine Note.

CHIMIE DES COMPLEXES. — *Action de la lumière sur la solution chloroformique du trichlorure d'iridium tripyridiné* 1.2.6 (I). Note (*) de M. **Marcel Delépine.**

Une solution chloroformique de trichlorure d'iridium tripyridiné $IrPy_3Cl_3$ (avec $Py = C_5H_5N$), exposée à la lumière, dépose rapidement un mélange de $(IrPy_2Cl_3)_n$, de $Ir(OH_2)Py_2Cl_3$ et de $[IrPy_2Cl_4]PyH$, pendant que de la pyridine est libérée; il se fait aussi des traces de $Cl[IrCl_2(OH_2)Py_3]$. A l'obscurité, une telle solution est restée inaltérée pendant cinq ans.

En 1922-1923, j'ai montré que la pyridine agissant sur les chlorosels d'iridium-III engendrait successivement un iridium-pyridinopentachlorure $[IrPyCl_5]M_2$, (II), deux dipyridinotétrachlorures $[IrPy_2Cl_4]M$ (III et V), deux chlorures d'iridiumtripyridinés (IV et VI), dont l'existence est prévisible si l'on attribue aux groupements ou atomes entourant l'atome d'iridium la configuration octaédrique d'Alfred Werner; les schémas ci-dessous où $Py = C_5H_5N$ et où les autres sommets sont occupés par des atomes de chlore, représentent les structures des noyaux de ces combinaisons (¹).



Les solutions aqueuses et les cristaux des dipyridinés 1.6 sont rouges; ceux des dipyridinés 1.2 de couleur jaune orangé; les tripyridinés, complexes internes, sont d'un beau jaune, à peu près insolubles dans l'eau, mais solubles dans le chloroforme qu'ils teintent en jaune d'or.

(*) Séance du 5 novembre 1951.

(¹) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1075 et 1211; *Ann. Chim.*, (9), 19, 1923, p. 5 et 145.

Ce sont des actions fort singulières de la lumière, relatives à la solution chloroformique de l'isomère 1.2.6 (IV), que je rapporte aujourd'hui d'une façon simplement descriptive, en y ajoutant un léger complément. L'isomère 1.2.3 (VI), qu'on n'obtient qu'en petite quantité ne sera pas examiné.

J'avais indiqué comme solubilité de l'isomère 1.2.6 à 21° dans le chloroforme 1 pour 42; cette donnée reste exacte, si l'on prend la substance telle qu'elle résulte de l'action de la pyridine sur des solutions aqueuses des dipyridinotétrachlorures; mais la solution chloroformique est dans un état de saturation instable; après quelques heures, elle dépose de magnifiques cristaux de composition $IrPy_3Cl_3 + 2\,CHCl_3$ déjà décrits ([1]); la solution surnageante ne contient plus que 0,75 % (1 pour 133) de dérivé trichloré à la température ordinaire. Si l'on cherche à dissoudre le dérivé tripyridiné après l'avoir séparé de sa combinaison chloroformique par efflorescence, il arrive fréquemment que ce soit la plus faible solubilité qui entre en jeu, précédée souvent d'une sorte de prise en masse par suite de la formation de la combinaison chloroformique. Ce phénomène est sans doute attribuable à la permanence de quelques germes de combinaison chloroformique dans le produit effleuri. Il est remarquable que le dérivé rhodié correspondant donne lieu à des phénomènes du même ordre ([2]).

Pour le dire en passant, par cristallisation du trichlorure d'iridium tripyridiné dans la pyridine (par chaud et froid), on obtient une combinaison $IrPy_3Cl_3 + 0,5\,Py$ (perte à l'étuve 6,94 % au lieu de 6,86 calculé).

La solution chloroformique de $IrPy_3Cl_3$ (à 1 pour 130-150) n'est pas stable à la lumière. Je l'avais observé dès 1923, mais sans aller plus loin; par de beaux jours d'été, même sur la table du laboratoire en lumière diffuse, en l'espace d'une journée, on perçoit un commencement d'altération. En opérant en plein soleil, on voit la solution se troubler en quelques minutes. Ceci est d'autant plus remarquable qu'à l'obscurité cette transformation n'a pas lieu. Un tube scellé conservé à l'obscurité dans une armoire à porte pleine, resté rigoureusement limpide depuis mai 1946, s'est troublé en moins de 5 mn d'exposition au soleil de juin 1951. Il est naturellement impossible d'assigner un terme à l'absence d'altération à l'obscurité.

De nombreuses expériences furent donc entreprises pour étudier cette réaction photochimique. Elles se font très simplement en exposant à la lumière la solution chloroformique à 1 pour 130-150, dans des flacons de verre incolore. L'altération se traduit par la formation d'un dépôt cristallin assez adhérent aux parois, de couleur rougeâtre, tandis que la solution pâlit. L'insolation d'un jour est souvent suffisante par une journée de *très beau soleil d'été*, mais il est bon de la prolonger pendant 4 ou 5 jours; en hiver, ou bien à la fenêtre de mon laboratoire (exposé au nord), il faut naturellement des

---

([2]) M. Delépine, *Bull. Soc. Chim.*, (4), 45, 1929, p. 235.

durées plus longues. A la fin, le chloroforme ne retient plus guère en solution que 0,1 à 0,15 g % de substance.

Au début de mes recherches, j'avais trouvé dans le dépôt un rapport at. Cl/at. Ir = 3,5 avec des analyses se rapprochant beaucoup de la formule $Ir_2Py_4Cl_7$ et cru qu'il s'agissait d'un produit à iridium moitié trivalent, moitié quadrivalent. Mais d'autres expériences fournirent des rapports différents, allant de 3,25 à 3,9, ce qui indiquait la présence de plusieurs substances. En même temps, puisqu'on était parti d'une combinaison à 3 mol de pyridine par atome d'iridium et qu'il y en avait sûrement moins dans les produits de la réaction, on se trouvait en présence de ce fait curieux que de la pyridine était éliminée, alors que la robustesse de cette combinaison dans d'autres conditions est remarquable. Par exemple, 1 g de ce dérivé 1.2.6 chauffé à 130° pendant 25 h, ou même à 150° avec 10 g de pyridine et 30 g d'eau est à peine altéré ([1]).

J'ai pu caractériser au moins cinq substances parmi les produits de la réaction, savoir : 1° de la pyridine libre; 2° du trichlorure d'iridium aquodipyridiné $Ir(OH_2)Py_2Cl_3$; 3° de l'iridium dipyridinotétrachlorure de pyridine $[IrPy_2Cl_4]PyH$; 4° un chlorure condensé de formule brute $[IrPy_2Cl_3]n$; 5° de très petites quantités de chlorure d'iridium dichloroaquotripyridiné $Cl[IrCl_2(OH_2)Py_3]$. Une fois de plus apparaissent ces réactions multiples dont la chimie des complexes de l'iridium est coutumière, ce qui est loin de faciliter le travail. Fort heureusement, diverses recherches antérieures (publiées ou encore inédites) m'avaient fait prendre connaissance avec ces substances; leur séparation en fut facilitée.

La pyridine est libre. Cela fut constaté dès le début par distillation du chloroforme séparé du dépôt, mais il fut reconnu par la suite que cette opération ne pouvait guère être que qualitative, car la distillation d'une solution chloroformique de pyridine (1/100 par exemple), même en présence d'eau, ne comporte pas d'azéotrope. La pyridine se concentre d'un bout à l'autre en ne distillant que très partiellement. Le plus simple est de l'extraire en agitant à plusieurs reprises le chloroforme avec 1/100 de son volume d'acide chlorhydrique normal et d'ajouter aux extraits une solution de 1/20 de dipyridino-1.6 tétrachlorure d'ammonium (ou de potassium) dont la double décomposition avec le chlorhydrate de pyridine conduit au sel $[IrPy_2Cl_4]$ PyH soluble seulement dans 770 parties d'eau à la température ordinaire (soit 1/5500 pour la pyridine externe); en concentrant les eaux-mères de précipitation, on en récolte encore un peu qu'on joint à la masse principale. Il n'y a qu'à peser le sel.

Dans cette opération, l'acide extrait aussi le chlorure $Cl[IrCl_2(OH_2)Py_3]$, mais sa quantité, toujours faible (1/100 au plus), ne changerait guère le résultat. Ce chlorure a été caractérisé deux ou trois fois dans le résidu de la distillation du chloroforme non acidifié; il reste une masse gluante dont la

partie soluble dans l'eau contient ce chlorure qui a été obtenu autrement, comme je l'exposerai plus tard.

Les trois autres substances se trouvent dans le dépôt. Pour les séparer, on traite celui-ci par de l'eau ammoniacale : le chlorure $IrPy_2Cl_3$, qui a certainement une formule polymère, reste insoluble et se sépare sous forme de très fines aiguilles rosées à reflet violacé. L'ammoniaque dissout les deux autres : le sel de pyridine $[IrPy_2Cl_4]PyH$, parce qu'elle se substitue à la pyridine pour donner le sel $[IrPy_2Cl_4]NH_4$ soluble en 30 parties d'eau à 18°; le composé aquo, parce qu'il se tautomérise en l'acide $[IrPy_2(OH)Cl_3]H$ que l'ammoniaque salifie et dissout ([3]); si l'on évapore la solution ammoniacale dans le vide ou au bain-marie, la pyridine déplacée disparaît, tandis que le sel de l'aquo peu stable perd toute son ammoniaque en régénérant l'aquo (ce qui a été vérifié séparément) et comme il est soluble seulement dans 910 parties d'eau vers 25°, il suffit de reprendre l'ensemble desséché par 25-30 parties d'eau pour dissoudre le sel $[IrPy_2Cl_4]NH_4$. La solution évaporée permet d'en avoir le poids, qu'on peut convertir en sel de pyridine. L'aquo resté non dissous est pesé à son tour, à peine touché par la dissolution.

Ces résultats seront commentés dans une autre Note.

CYTOLOGIE. — *Étude par microdissection des dépôts de poussières de houille dans les poumons des mineurs au charbon.* Note de MM. **Albert Policard** et **André Collet**.

Étude par microdissection et au contraste de phase, des amas de particules de houille présentes dans les poumons de mineurs, après un séjour de 10 à 30 ans dans cet organe. Aucune altération de la surface de ces particules ne peut être décelée. Celles ci sont enserrées par les restes du cytoplasma non protéolysé. Entre cette enveloppe cytoplasmique, il n'y a aucune adhérence, mais simple contact.

Deux éléments lésionnels caractérisent les pneumoconioses des mineurs au charbon : 1° dépôts de poussières de houille au niveau de certaines régions fibreuses du poumon, spécialement les gaines conjonctives périartérielles et péribronchiques; 2° existence d'un emphysème périfocal autour de ces dépôts de poussières.

Nous avons étudié par microdissection et emploi du contraste de phase en lumière monochromatique (par filtres interférentiels) certains caractères de ces dépôts pulmonaires de poussières de houille chez des mineurs morts d'affections intercurrentes après de longues années de travail dans la houille, mais ayant tous quitté la mine depuis une dizaine d'années. Les poussières étudiées avaient donc séjourné dans le tissu pulmonaire au minimum 10 ans et au maximum 30 ans.

([3]) M. Delépine, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1373; *Ann. Chim.*, (11), 4, 1935, p. 271.

Dans ces dépôts, les particules de charbon sont très rarement isolées. Elles apparaissent groupées en paquets serrés, ovoïdes ou fusiformes, ayant de 15 à 25 μ de diamètre. Ces amas arrondis correspondent manifestement à d'anciennes cellules à poussières. Ils sont situés entre les faisceaux conjonctifs. A côté d'eux, on rencontre quelques histiocytes libres de toute particule et des fibroblastes.

1. Quand on dissocie ces amas par microdissection, on libère les particules de houille que l'on peut alors étudier isolément. Ces particules sont de tailles très variées. Les plus nombreuses sont inférieures à 1 μ, beaucoup étant à la limite de la visibilité microscopique ordinaire. Quelques particules sont plus volumineuses, atteignant quelquefois 10 à 12 μ. Ceci montre que les cellules peuvent capter, et les voies lymphatiques véhiculer, des particules étrangères relativement très considérables.

Les limites de ces particules apparaissent toujours adoucies, jamais aiguës ni à bords vifs. Elles sont très souvent irrégulières avec des sortes de prolongements. Comme il s'agit de particules ayant séjourné des dizaines d'années dans le tissu pulmonaire, au contact de la lymphe interstitielle en mouvement constant, dans un milieu à 38° C et riche en CO_2, on pouvait se demander si ces irrégularités de surface et le caractère arrondi de celle-ci ne caractérisaient pas l'existence de processus d'attaque des particules par les tissus. La comparaison avec des poussières fraîchement produites montre que cette hypothèse n'est pas fondée. Les particules de houille venant d'être produites par broyage montrent exactement les mêmes aspects adoucis et les mêmes irrégularités de surface que des particules ayant séjourné 20 ou 30 ans dans les poumons. Une attaque superficielle des particules de houille par les tissus pulmonaires paraît donc devoir être exclue.

2. Dans les amas arrondis de particules, celles-ci sont agglomérées par une sorte de ciment qui offre les caractères d'une substance protéique. Les particules sont serrées les unes contre les autres, mais pas au contact direct. Il y a entre elles une mince couche de ce ciment protéique, épaisse de quelques fractions de micron. Il paraît vraisemblable de le considérer comme le reste du cytoplasma de la cellule qui, à l'origine, a phagocyté les particules.

Par contre, on ne retrouve jamais les traces du noyau de ces cellules. Il a complètement disparu.

3. La dégénérescence de la cellule phagocytaire primitive ne s'est pas faite par diminution de la cohésion des macromolécules protéiques, prise d'eau, gonflement et dissolution du protoplasma, mais, au contraire, par accroissement de la cohésion moléculaire, rejet d'eau et resserrement des structures cellulaires sur les particules. Il est frappant de constater à ce point de vue la limitation périphérique bien marquée de l'amas, et le

resserrement des particules qui le constituent. Ces faits montrent l'absence de tout processus de protéolyse au cours de la dégénérescence de la cellule à poussière primitive. La présence de particules de charbon paraît avoir bloqué toutes les manifestations enzymatiques du type protéolytique si habituelles cependant dans les dégénérescences cellulaires. On peut rappeler, à ce point de vue, le fait de la résistance du tissu pulmonaire pneumoconiotique aux processus cadavériques, c'est-à-dire à l'autolyse. Les poussières de charbon freinent et même inhibent la protéolyse.

4. Par microdissection attentive, on peut dissocier l'amas de particules et libérer celles-ci dans le milieu aqueux ambiant. Dans ces conditions, on peut constater l'absence de toute adhérence entre la surface des particules de charbon et la gangue protéique qui les enserre. Celle-ci abandonne la surface de la particule avec une extrême facilité. Dès que la gangue protéique qui l'enserre est rompue en un point, la particule devient libre dans le milieu ambiant. Les mouvements browniens actifs qu'elle offre alors prouvent qu'elle est totalement libérée. Rien n'a adhéré à sa surface.

5. Les amas de particules se trouvent au milieu de formations fibreuses. Parmi celles-ci, les plus grosses offrent la biréfringence caractéristique du collagène mûr. Les autres, au contraire, sont plus fines et non biréfringentes dans les mêmes conditions optiques. Celles-ci correspondent aux fibres de réticuline (c'est-à-dire des fibres collagènes non encore mûres) que les colorations histologiques montrent se former au niveau des points de dépôt des poussières. Mais qu'il s'agisse de fibres collagènes mûres ou encore imparfaites, les amas de particules ne montrent jamais d'adhérences avec elles. Les fibres enserrent les amas, mais sont séparées d'eux par une couche protéique mince, peu résistante et facilement dissociable. On ne trouve pas de particules très fines appliquées contre une fibre collagène et lui adhérant fortement comme cela se passe pour les particules de noir de fumée fixées aux fibres dermiques dans le cas de tatouages de la peau.

Ces constatations cytologiques appuient la conception qui attribue à un encombrement mécanique des voies lymphatiques pulmonaires et non à une action de nature chimique, les modifications fibreuses observées dans les pneumoconioses par charbon. Il faut souligner que les processus sont différents dans la silicose, c'est-à-dire les pneumoconioses par poussières de silice libre.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de Mme Paulette Destouches-Février intitulé : *La structure des théories physiques*, dont il a écrit la *Préface*.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Paul Montel** : *Journal d'analyse*

mathématique, rédigé et publié par BINYAMIN AMIRA en collaboration avec ZEEV NEHARI et MENAHEM SCHIFFER. Volume I, première partie (Jérusalem, 1951).

M. **CORNEILLE HEYMANS** adresse une série de tirages à part concernant ses travaux de pharmacologie.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Revue du paludisme et de médecine tropicale.* Numéro spécial consacré à J. PELLETIER et J.-B. CAVENTOU.

2° *Éléments de thermodynamique chimique,* par GEORGES ALLARD.

3° Comité des travaux historiques et scientifiques. *Soixante-dix-septième Congrès des Sociétés Savantes de Paris et des Départements, à Grenoble,* 1952. *Programme.*

4° University of Glasgow. *Oration commemorative of the fifth Centenary delivered in St. Andrew's Hall on* 21 *st June* 1951, by the right honourable Lord MACMILLAN.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les congruences dans les ensembles où sont définies plusieurs opérations.* Note de Mme **MARIE-LOUISE DUBREIL-JACOTIN** et M. **ROBERT CROISOT**, présentée par M. Henri Villat.

Nous nous proposons de montrer que, dans un ensemble G où sont définies des opérations $\bigcirc$, $\otimes$, ..., dont l'une, que nous désignerons par $\bigcirc$, est supposée associative, la recherche de congruences (c'est-à-dire de relations d'équivalence régulières par rapport à ces opérations), ayant une classe E donnée, peut se faire par un procédé général qui s'applique commodément aux divers cas particuliers.

Nous rappelons que, si E est un sous-demi-groupe unitaire de G pour l'opération $\bigcirc$, tel que $x \bigcirc E = E \bigcirc x$ pour tout $x \in G$, la relation d'équivalence

$$\mathcal{K}_E \qquad a \equiv b(\mathcal{K}_E) \rightleftharpoons \exists\, e_1 \,\&\, e_2 \in E \text{ tels que } a \bigcirc e_1 = b \bigcirc e_2$$

est la plus fine équivalence régulière pour l'opération $\bigcirc$ admettant E pour classe.

Nous allons donner une condition très maniable portant sur E pour que $\mathcal{K}_E$ soit régulière pour une autre opération $\otimes$.

THÉORÈME. — *La condition suivante est nécessaire et suffisante pour que $\mathcal{K}_E$ soit une congruence dans l'ensemble* G *muni des opérations $\bigcirc$ et $\otimes$:*

(β) *quels que soient* $e_1 \in E$, $e_2 \in E$, $x \in G$, $y \in G$, *il existe* $e^\star \in E$ et $e' \in E$ *tels que*

$$[(x \bigcirc e_1) \otimes (y \bigcirc e_2)] \bigcirc e^\star = (x \otimes y) \bigcirc e'.$$

On voit que (β) est nécessaire en considérant l'ensemble quotient $G/\mathcal{K}_E$. Montrons que (β) est suffisante. Soit $x \equiv y(\mathcal{K}_E)$, donc $x \bigcirc e' = y \bigcirc e''$, $e' \in E$, $e'' \in E$, et soit $\lambda \in G$ arbitraire. $\bar{e}$ étant un élément de E, on a

$$(x \bigcirc e') \otimes (\lambda \bigcirc \bar{e}) = (y \bigcirc e'') \otimes (\lambda \bigcirc \bar{e}).$$

Mais en vertu de (β), il existe $e_1^\star$, e'_1, $e_2^\star$, e'_2, éléments de E, tels que

$$[(x \bigcirc e') \otimes (\lambda \bigcirc \bar{e})] \bigcirc e_1^\star = (x \otimes \lambda) \bigcirc e'_1 \quad \text{et} \quad [(y \bigcirc e'') \otimes (\lambda \bigcirc \bar{e})] \bigcirc e_2^\star = (y \otimes \lambda) \bigcirc e'_2;$$

or, l'égalité $E \bigcirc x = x \bigcirc E$, valable pour tout x, entraîne qu'il existe $\underline{e} \in E$ tel que $e_1^\star \bigcirc e_2^\star = e_2^\star \bigcirc e$; on en déduit :

$$(x \otimes \lambda) \bigcirc e'_1 \bigcirc e_2^\star = (y \otimes \lambda) \bigcirc e'_2 \bigcirc e;$$

d'où, puisque E est fermé pour $\bigcirc$: $x \otimes \lambda \equiv y \otimes \lambda (\mathcal{K}_E)$. On a de même

$$\lambda \otimes x \equiv \lambda \otimes y (\mathcal{K}_E).$$

Donnons les spécialisations suivantes de cette condition :

1° G : *Anneau* A. — $\bigcirc$ est l'addition, commutative, $\otimes$, la multiplication. (β) s'écrit : quels que soient $x \& y \in A$ et $e_1 \& e_2 \in E$, $\exists$ $e^\star$ et e' tels que

$$(x + e_1)(y + e_2) + e^\star = xy + e' \rightleftharpoons e_1 e_2 + x e_2 + e_1 y \in E \rightleftharpoons x e_2 \in E,\ e_1 y \in E,$$

c'est-à-dire : E *idéal bilatère*.

2° G : *Groupe réticulé*. — $\bigcirc$ est l'opération non nécessairement commutative du groupe que nous écrivons sous forme multiplicative, $\otimes$ l'union $\cup$ ou l'intersection $\cap$. (β) s'écrit, pour $\cup$, quels que soient $x \& y \in G$, $e_1 \& e_2 \in E$, $\exists e^\star$ et e' tels que $(x e_1 \cup y e_2) e^\star = (x \cup y) e'$, ou, sous forme équivalente :

$$\theta = (e \cup a)^{-1} (e'_1 \cup a) \in E,$$

où $a = x^{-1} y$ est un élément quelconque de G, $e'_1 = e_1 e_2^{-1}$ un élément quelconque de E, e l'élément unité du groupe. Si (β) est satisfaite, $\mathcal{K}_E$ est régulière pour $\cup$, donc E est fermé pour $\cup$ et convexe comme toute classe d'une équivalence régulière par rapport à $\cup$ [1]; et, comme tout groupe demi-réticulé est réticulé, $\mathcal{K}_E$ est une congruence dans G et E est fermé pour $\cap$. Inversement, E sous-groupe invariant convexe et réticulé entraîne (β). En effet

$$\theta = (e'_1 \cap a^{-1} e'_1) \cup (a \cap e) = (e'_1 \cup a) \cap (a^{-1} e'_1 \cup e)$$

---

[1] Mlle Tessier a donné (*Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1987) une condition nécessaire et suffisante pour qu'un complexe E d'un demi-groupe soit classe d'au moins une congruence. Elle s'écrit pour un demi-treillis : $e_1 \in E$ et $x \cup e_1 \in E \rightarrow x \cup e' \in E$ pour tout $e' \in E$. On vérifie que cette condition est équivalente à E convexe et fermé pour l'union.

d'où résulte $e'_1 \cap e \leqq 0 \leqq e'_1 \cup e$, d'où, E étant sous-treillis convexe, $0 \in E$. (β) est donc équivalente à : E idéal [2] de G.

3° G : *Demi-treillis multiplicatif entier* T. — $\bigcirc$ est l'union, $\otimes$ la multiplication. E unitaire, fermé pour $\cup$ est un « idéal » du demi-treillis, c'est-à-dire

(1) $$a \in E, \quad b \in E \quad \rightarrow \quad a \cup b \in E;$$

(2) $$a \in E, \quad x \leqq a \quad \rightarrow \quad x \in E.$$

(β) s'écrit : quels que soient $x \,\&\, y \in T$, $e_1 \,\&\, e_2 \in E$, $\exists\, e^\star$ et $e' \in E$, tels que $(e_1 \cup x)(e_2 \cup y) \cup e^\star = xy \cup e'$; or, $(e_1 \cup x)(e_2 \cup y) = e_1 e_2 \cup x e_2 \cup e_1 y \cup xy$ et, T étant entier, $e_1 e_2 \cup x e_2 \cup e_1 y \leqq e_1 \cup e_2$, d'où, puisque E est un idéal, $e_1 e_2 \cup x e_2 \cup e_1 y = e' \in E$ et (β) est satisfaite avec $e^\star = e'$. Donc, dans un demi-treillis multiplicatif entier, il y a toujours au moins une congruence ayant pour classe un idéal donné, la plus fine étant $\mathcal{K}_E$.

4° G : *Treillis* T. — $\bigcirc$ est l'union, $\otimes$ l'intersection; E est un idéal. (On a les résultats duaux en prenant $\cap$ pour $\bigcirc$, $\cup$ pour $\otimes$, et pour E un dual idéal).

La condition (β) est équivalente à : l'idéal E est $\cup$-distribuant [3] dans le treillis des idéaux de T.

En effet, on a toujours entre idéaux X, Y, E : $(X \cap Y) \cup E \leqq (X \cup E) \cap (Y \cup E)$. Un élément quelconque de l'idéal du deuxième membre est

$$0 \leqq (x \cup e_1) \cap (y \cup e_2) \qquad (x \in X,\ y \in Y,\ e_1 \,\&\, e_2 \in E)$$

et (β) donne $0 \cup e^\star \leqq (x \cap y) \cup e'$; donc $0 \cup e^\star$ est un élément de l'idéal $(X \cap Y) \cup E$ ainsi que 0, et E est $\cup$-distribuant. Inversement, si E est $\cup$-distribuant, soit l'élément $(x \cup e_1) \cap (y \cup e_2)$ du treillis; on a, en considérant les idéaux principaux $(x) = X$, $(y) = Y$, $(x \cup e_1) \cap (y \cup e_2) \leqq (x^\star \cap y^\star) \cup e^\star$ avec $x^\star \leqq x$, $y^\star \leqq y$; on en déduit :

$$(x \cup e_1) \cap (y \cup e_2) \leqq (x \cap y) \cup e^\star \quad \text{d'où} \quad [(x \cup e_1) \cap (y \cup e_2)] \cup e^\star = (x \cap y) \cup e^\star,$$

c'est-à-dire (β).

---

(2) Un idéal d'un groupe réticulé G est défini (G. Birkhoff, *Lattice Theory*, p. 222) comme un sous-groupe invariant E tel que $a \in E$, $|x| \leqq |a| \rightarrow x \in E$. Mais ceci entraîne, puisque $|a \cup e| \leqq |a|$, que $a \cup e \in E$ si $a \in E$, donc que $a \cup b \in E$ avec a et b et que E est convexe. Inversement, si E, sous-groupe invariant, est sous-treillis convexe, $a \in E$ entraîne $|a| \in E$ et $|a|^{-1} \in E$; or, $|x| \leqq |a|$ est équivalent à $|a|^{-1} \leqq x \leqq |a|$ et la convexité entraîne $x \in E$. (*cf.*, pour le cas abélien, G. Birkhoff, ex. 1, p. 223).

(3) Nous dirons [*voir* M. L. Dubreil-Jacotin, L. Lesieur et R. Croisot, *Leçons sur la Théorie des Treillis* (à paraître dans les *Cahiers Scientifiques*)] qu'un élément a d'un treillis est $\cup$-distribuant si, pour tout couple x, y d'éléments, on a $a \cup (x \cap y) = (a \cup x) \cap (a \cup y)$. Dans l'exercice 3, p. 80, G. Birkhoff indique qu'à un idéal $\cup$-distribuant d'un treillis modulaire, correspond au moins une congruence l'ayant pour classe; comme il est montré ici, le résultat subsiste dans un treillis quelconque.

ALGÈBRE. — *Une forme générale des théorèmes de Schreier et de Jordan-Holder.* Note de M. **Albert Châtelet**, présentée par M. Jean Chazy.

Cette Note montre qu'un énoncé général des théorèmes de Schreier et Jordan-Holder, prend une forme plus simple par l'application de l'axiome de choix.

Je voudrais compléter, sur un point important, la forme générale des théorèmes que j'avais essayé de dégager dans deux Mémoires antérieurs [1]. J'avais été amené à énoncer une condition, d'apparence assez complexe, qui se trouvait toutefois vérifiée dans le cas des sous-groupes et des sous-hypergroupes clos. Or, cette condition se trouve être une conséquence de l'*axiome de choix*, et les énoncés que j'avais indiqués se trouvent ainsi notablement simplifiés. Je me contente d'indiquer ici celui qui généralise le cas des sous-groupes.

Dans un ensemble E, on considère une famille $\mathcal{E}$ d'*autocorrespondances* (ou relations binaires) α, liant un sujet x à une image y, et notées $x.\alpha.y$. Je me borne au cas de E domaine complet, pour chaque α, c'est-à-dire tel que chacun de ses éléments ait, pour α, au moins un correspondant de chaque côté.

On suppose que la famille $\mathcal{E}$ contient : d'une part, la *disjonction* $(\mathcal{A})$, de tout sous-ensemble $\mathcal{A}$ (même infini) d'éléments α_u :

$$x.(\mathcal{A}).y \rightleftharpoons \{ \mathrm{E}x.\alpha_u : \quad \alpha_u \in \mathcal{A} \quad \text{et} \quad x.\alpha_u.y \};$$

d'autre part, le *produit* $(\alpha \times \beta)$ de tout couple, et, par suite de tout système fini d'éléments :

$$x.(\alpha \times \beta).y \rightleftharpoons \{ \mathrm{E}x.z : \quad x.\alpha.z \quad \text{et} \quad z.\beta.y \}.$$

Dans cette famille $\mathcal{E}$, on distingue une sous-famille $\mathcal{F}$, de *congruences* $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$, ... (autocorrespondances réflexives, symétriques et transitives) qui est un *treillis*, c'est-à-dire qu'elle renferme *la plus forte antécédente* et *la plus faible conséquente commune* de tout couple (et, par suite, de tout système fini) de ses éléments. La première est la *conjonction* $[\bar{\alpha}, \bar{\beta}]$:

$$x.[\bar{\alpha}, \bar{\beta}].y \rightleftharpoons \{ x.\bar{\alpha}.y \quad \text{et} \quad x.\bar{\beta}.y \};$$

la deuxième est égale au produit des congruences, lorsqu'elles sont permutables :

$$(\bar{\alpha}, \bar{\beta}) = \bar{\alpha} \times \bar{\beta} = \bar{\beta} \times \bar{\alpha}.$$

On appelle alors *chaîne* (ou suite de composition) *normale* (localement), un système ordonné et numéroté de congruences $\bar{\alpha}_i$ (i de 0 à n), tel que chacune d'elles $\bar{\alpha}_i$ implique la suivante $\bar{\alpha}_{i+1}$ et soit permutable avec tout autocorrespondance qui implique cette suivante, notamment avec $\bar{\alpha}_{i+1}$ elle-même :

$$\{ \bar{\alpha}_i \rightarrow \bar{\alpha}_{i+1} \} \quad \text{et} \quad \{ \alpha \rightarrow \bar{\alpha}_{i+1} \} \rightarrow \{ \alpha \times \bar{\alpha}_i = \bar{\alpha}_i \times \alpha \}.$$

---

(1) *Revue scientifique*, 1947; *Ann. Ec. Norm. Sup.*, 65, 1947, p. 339.

L'expression du théorème de Schreier est alors : *si deux chaînes* normales $\bar{\alpha}_i$ et $\bar{\beta}_j$, ont des extrémités égales ($\alpha_0 = \beta_0$ et $\alpha_m = \beta_n$), on peut, dans l'une et dans l'autre, *intercaler des congruences de* $\mathcal{F}$ *de façon que les nouvelles chaînes* $\bar{\alpha}_{ij}$ et $\bar{\beta}_{ji}$ *soient encore normales, aient un même nombre d'éléments et que les intervalles* (à priori en nombre $m \times n$) *se correspondent deux à deux* (ij à ji), *de façon que* :

$$[\bar{\alpha}_{ij}, \bar{\alpha}_{i,j+1}] = [\bar{\beta}_{ji}, \bar{\beta}_{j,i+1}]; \qquad \bar{\alpha}_{ij} \times \bar{\alpha}_{i,j+1} = \bar{\beta}_{ji} \times \bar{\beta}_{j,i+1}.$$

Cette relation de correspondance entraîne l'*équipotence des ensembles quotients associés aux intervalles*. On en déduit l'expression du théorème de Jordan-Holder en considérant des chaînes propres (à termes inégaux) et maximales (sans possibilité d'intercalaires).

L'*axiome de choix* intervient dans l'expression d'un produit $\alpha \times \beta$ d'autocorrespondances, pour affirmer que, pour chaque couple d'éléments correspondants x, y, on peut distinguer, ou choisir, un élément déterminé z_0 parmi les éléments intermédiaires z, qui permettent de construire leur correspondance.

Si E est un *groupe* d'éléments $x, y, \ldots$, et d'opération $\times$, à tout complexe A (sous-ensemble non vide), on peut associer une autocorrespondance α, par la condition

$$x.\alpha.y \rightleftharpoons x \times y^{-1} \in \text{A}.$$

On obtient une congruence $\bar{\alpha}$ si le complexe est un sous-groupe $\bar{\text{A}}$ et l'on peut constituer un treillis de ces congruences en considérant un treillis de sous-groupes « permis pour un ensemble d'opérateurs du groupe ». La condition (locale) de chaîne normale est alors équivalente à ce que le sous-groupe A_i soit un sous-groupe normal (ou invariant) de A_{i+1}. L'équipotence des ensembles quotients devient un isomorphisme des groupes quotients.

Dans ce cas particulier il n'est plus nécessaire d'utiliser l'axiome de choix; on peut remplacer l'élément distingué z_0 par un sous-complexe convenable.

On peut généraliser l'énoncé précédent en utilisant des congruences $\bar{\alpha}_i$ définies seulement dans les domaines complets successifs constitués par les éléments congrus à l'un deux suivant chaque congruence $\bar{\alpha}_i$ de la chaîne considérée. C'est cette forme du théorème qui s'applique aux hypergroupes.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Tentatives de calcul numérique des intégrales doubles.* Note (*) de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Joseph Perès.

1. J'ai cherché une méthode permettant de calculer numériquement une intégrale double

$$\text{I} = \iint_{\text{C}} f(x, x')\, dx\, dx',$$

(*) Séance du 5 novembre 1951.

par une méthode analogue à celle que Gauss a établie pour l'intégration des fonctions d'une variable : On cherchera $N+1$ points

$$x_0, x'_0;\quad x_1, x'_1;\quad \ldots;\quad x_N, x'_N$$

et $N+1$ coefficients $H_0, H_1, \ldots, H_N$ tels que la quantité

$$J = H_0 f(x_0, x'_0) + H_1 f(x_1, x'_1) + \ldots + H_N f(x_N, x'_N)$$

soit égale à I lorsque f est un polynome arbitraire de degré n aussi élevé que possible. Je me borne au cas où le domaine d'intégration est le carré

$$-1 < x < +1, \qquad -1 < x' < +1.$$

2. Soit un polynome arbitraire de degré n

$$f(x, y) = \sum_{i+i \leqq n} \alpha_{i,j} x^i x'^j.$$

Écrivons que $I = J$ quels que soient les $\alpha_{i,j}$. On obtient un système de $[(n+1)(n+2)]/2$ équations à $3(N+1)$ inconnues et l'on peut être tenté, comme dans la méthode de Gauss, d'adopter $N = [(n-1)(n+4)]/6$. Mais nous allons constater que cela n'est pas possible en général.

3. Adoptons d'abord $n = 2$, la condition énumérative précédente conduit à adopter $N = 1$, c'est-à-dire à représenter l'intégrale d'une fonction quadratique au moyen de deux valeurs de celle-ci. L'étude du système auquel on aboutit dans cette tentative montre que ce système est incompatible.

Aussi ai-je repris cette tentative en adoptant $N = 2$, c'est-à-dire trois points x_0, x'_0; x_1, x'_1; x_2, x'_2 et trois coefficients H_0, H_1, H_2. On se trouve conduit alors à un système de 6 équations à 9 inconnues, que l'on peut résoudre au moyen d'une analogie géométrique.

Posons

$$H_i = 4u_i^2; \qquad x_i = \frac{X_i}{u_i\sqrt{3}}; \qquad x'_i = \frac{X'_i}{u_i\sqrt{3}}.$$

Les conditions imposées sont réalisées si l'on prend pour u_0, u_1, u_2; X_0, X_1, X_2; X'_0, X'_1, X'_2 les cosinus directeurs des axes d'un trièdre trirectangle arbitraire.

On a ainsi une solution dépendant de trois quantités arbitraires. Ceci n'est pas en contradiction avec le résultat annoncé au début de ce paragraphe, car, si dans la solution précédente on élimine un point en annulant le coefficient H correspondant, on obtient des valeurs infinies pour certains x, x'.

4. J'ai effectué des tentatives avec des nombres de points x_k, x'_k croissants. Le nombre de points nécessaire a toujours été supérieur à celui qui est donné par la considération énumérative du paragraphe 2. En règle générale, on a intérêt à choisir des points symétriques 4 à 4 par rapport aux axes x et x', chacun de ces groupes de 4 points étant doté du même coefficient H, car la

condition $I = J$ se trouve ainsi réalisée d'office pour les termes en $x^i.x'^j$ où l'un des exposants est impair.

5. Ainsi pour $n = 5$ la condition énumérative donne $N = 4$, c'est-à-dire 6 points, mais je ne suis parvenu à réaliser une solution valable pour un polynome du 5ᵉ degré qu'en prenant 9 points :

$$x = 0, \quad x' = 0, \quad (\text{coefficient K}),$$
$$x = \mp y, \quad x' = \mp z, \quad (\quad » \quad H),$$
$$x = \mp z, \quad x' = \mp y, \quad (\quad » \quad H),$$

où

$$y = 0,466071 \qquad z = 0,846233 \qquad H = 0,357143 \qquad K = 1,142857.$$

6. Pour $n = 7$, la condition énumérative donne $N = 11$, c'est-à-dire 12 points, mais je n'ai pu réaliser la condition $I = J$ qu'au moyen de 13 points :

$$x = 0, \quad x' = 0, \quad (\text{coefficient K}),$$
$$x = \mp y, \quad x' = \mp z, \quad (\quad » \quad H),$$
$$x = \mp z, \quad x' = \mp y, \quad (\quad » \quad H),$$
$$x = \mp u, \quad x' = \mp u, \quad (\quad » \quad H')$$

avec

$$y = 0,579686 \qquad z = 0,929497 \qquad u = 0,585540,$$
$$H = 0,191358 \qquad H' = 0,604940 \qquad K = 0,049376.$$

7. L'application de la méthode du paragraphe 6 à

$$I = \int_{-1}^{+1}\int_{-1}^{+1} e^{2x+x'}\,dx\,dx'$$

a donné pour J une valeur entachée d'une erreur relative de 10^{-4}.

CALCUL ÉLECTROMÉCANIQUE. — *Réseaux linéaires à paramètres localisés dépendant du temps.* Note de M. **Jean Brodin**, présentée par M. Joseph Pérès.

Écriture formelle des équations d'un système au moyen d'un symbole d'*intégration* : application au calcul de la bande passante d'un multiplieur à réseaux dépendant du temps.

1. *Équation intégrale; opérateur* S*; intégration explicite par échelons.* — Un système différentiel d'ordre n peut s'écrire :

$$(1) \qquad (1 - \mathrm{S}a)\,y \equiv y(t) - \int_{t_0}^{t} d\theta\, a(\theta)\, y(\theta) = x(t),$$

où $y(t)$ est un vecteur à n composantes inconnu, $x(t)$ un vecteur et $a(t)$ une

(*) Séance du 29 octobre 1951.

matrice donnés, fonctions de la variable réelle « temps » t; l'opérateur $S_{t_0}^t$, en abrégé S, agissant sur $g(t)$ étant défini par :

$$Sg(t) = S_{t_0}^t g(t) = \int_{t_0}^t g(\theta)\,d\theta. \tag{2}$$

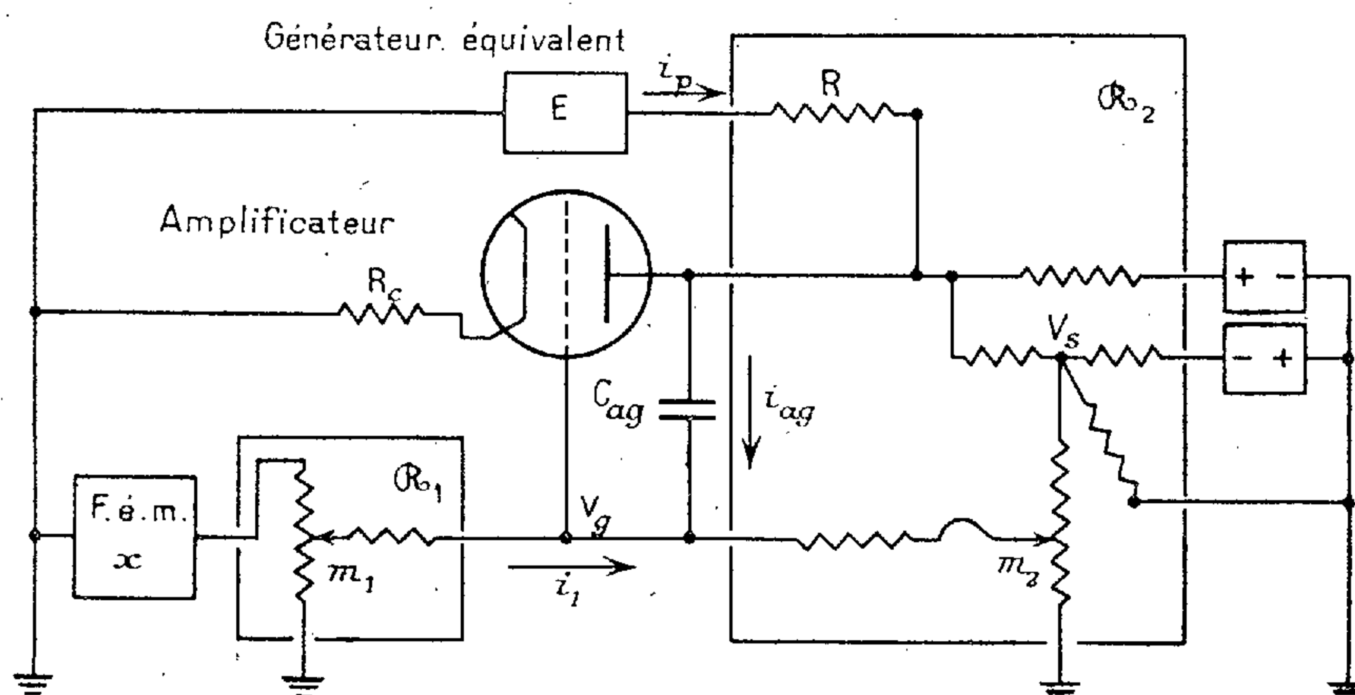
Si x est constant, y s'obtient par la *matrice d'évolution* $E_{t_0}^t$:

$$y(t) = [1 - S_{t_0}^t a(t)]^{-1} y(t_0) = E_{t_0}^t y(t_0). \tag{3}$$

Si x est à variation bornée [formules des échelons ([1]), ([2]), ([3])]

$$y = (1 - Sa)^{-1} x = x(t) - \int_{\tau=t_0}^{\tau=t} (dE_\tau^t)\,x(\tau) = E_{t_0}^t x(t_0) + \int_{\tau=t_0}^{\tau=t} E_\tau^t\,dx(\tau). \tag{4}$$

2. *Opérateurs électroniques* ([4]), ([5]). — Deux réseaux $\mathcal{R}_1$, $\mathcal{R}_2$ ont un point commun à la grille (à courant nul) d'un amplificateur avec contre-réaction par $\mathcal{R}_2$. Ici, *nous permettrons aux réseaux de dépendre du temps :* par exemple, des curseurs m_1, m_2 sont mus selon des lois données.



Le tube à gain $-G$ et résistance R_i constants dans le domaine d'emploi, équivaut à un générateur de f. é. m. $E = E_0 - GV_g$ (V_g potentiel grille) et de résistance $R = R_i + (G+1)R_c$; incluons R dans $\mathcal{R}_2$.

Supposons le potentiel V_s ajusté à zéro pour $V_g = 0$ au moyen d'une batterie auxiliaire. Exprimons l'intensité i_1 de $\mathcal{R}_1$ à $\mathcal{R}_2$ en fonction des f. é. m, x et E

([1]) *Massachusetts Institute of Technology : R. L. S.*, 25, sect. 2.5, équat. (40).

([2]) P. NASLIN, *Les systèmes asservis*, équat. (2.1), Édit. *Revue d'Optique*, 1951.

([3]) L. A. ZADEH, *J. Applied Phys.*, 21, 1950 p. 642.

([4]) M. I. T., *Radiation Laboratory Series*, 18, sect. 9.2.

([5]) F. H. RAYMOND, *Opérateurs mathématiques électroniques. Étude théorique*, Société d'Électronique et d'Automatisme, 1949.

appliquées à $\mathcal{R}_1$ et $\mathcal{R}_2$, et tirons V_g del'équation

$$i_1 = a_1 x - b_1 V_g = a_2 V_g - b_2 E + f(m_2) \equiv (a_2 + b_2 G) V_g + o,$$
$$(5) \qquad - G V_g = -(b_2 + a_2 G^{-1} + b_1 G^{-1})^{-1} a_1 x.$$

Comment varie cette expression, par exemple avec la capacité grille-plaque C_{ag} ci-dessus négligée ? Les équations de Kirchhoff donnent :

$$i_P = i_{ag} - c_2 V_g + d_2(-G V_g - R i_{ag}) + \text{const.},$$
$$i_1 = -i_{ag} + a_2 V_g - b_2(-G V_g - R i_{ag}) + o.$$

Tenant compte de la charge $S i_{ag}$ et posant $\theta = C_{ag} R(1 + d_2 R)$:

$$i_{ag} = (S + \theta)^{-1} [C_{ag}(-G + R c_2 + R d_2 G - 1) V_g + \text{const.}].$$

L'opérateur $a_2 + b_2 G$ de l'équation (5) est remplacé par

$$\alpha_2 + \beta_2 G = (a_2 + b_2 G) + (b_2 R - 1)(S + \theta)^{-1} \theta (1 + d_2 R)^{-1} R^{-1} [R c_2 - 1 + (R d_2 - 1) G].$$

Si $0 < \mu/k < \theta < \mu$, le facteur d'évolution E_τ^t associé à $(1 + S\theta^{-1})^{-1}$ est inférieur à $\exp -(t - \tau)/\mu$; soit z la fonctionnelle de $x(t)$ sur laquelle agit $(S + \theta)^{-1}\theta$: si de plus $|d\tau| < \eta$ entraîne $|d[\theta z(\tau)]| < \varepsilon$; alors d'après (4)

$$|(S + \theta)^{-1} \theta z(t)| = |\theta^{-1}(1 + S\theta^{-1})^{-1} \theta z(t)| < \frac{k\varepsilon}{1 - \exp\left(-\frac{\eta}{\mu}\right)}.$$

En pratique ε est petit si les discontinuités des potentiomètres sont petites; μ tend vers zéro avec C_{ag}; ε/η est fini *si la dérivée* $|x'(t)|$ *de la f. é. m. signal* x *a une certaine borne* (ceci traduit en langage temporel la notion harmonique de *bande passante*). Ce sont les conditions du fonctionnement correct du multiplieur, qui doit délivrer en V_S la tension $x(t)$ *multipliée à chaque instant* par un coefficient défini par la position des curseurs.

VISCOSITÉ. — *Arc-boutement visqueux*. Note (*) de M. **Fernand Charron**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'accroissement de la viscosité avec la pression provoque, dans l'écoulement des liquides entre parois sous l'action d'un choc, des phénomènes qui ressemblent aux effets d'arc-boutement entre solides, les forces de frottement étant remplacées par des forces de viscosité.

Reprenons le problème du viscosimètre balistique ([1]) réduit à un pendule simple de longueur L et de masse M. Écarté d'un angle θ de la verticale, il retombe sur un petit piston de rayon R_0 et refoule un liquide visqueux dans le corps de pompe et le tube de longueur l et de rayon r_0 qui lui fait suite.

(*) Séance du 5 novembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1472.

La valeur moyenne X de la force appliquée au piston et la durée Δt du choc sont déterminées par les formules

$$X = \frac{2MgL\sin^2\frac{\theta}{2}}{\Delta\xi}, \tag{1}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta\xi}{\sqrt{gL}\sin\frac{\theta}{2}}, \tag{2}$$

$\Delta\xi$ étant le déplacement du point d'application de la force X.

Si nous avons affaire à un liquide dont la viscosité augmente avec la pression, nous devons introduire la loi assez bien vérifiée, spécialement pour les huiles lubrifiantes : $\eta = \eta_H e^{a\frac{p-H}{H}}$, η_K étant la viscosité sous la pression atmosphérique H.

Le pendule, écarté de l'angle θ retombe sur le piston et refoule le liquide sous une pression d'autant plus élevée que la viscosité augmente par le fait même du choc. Le problème est complétement déterminé, il convient de calculer la pression exercée. Notons que cette pression varie dans le tube, depuis la valeur p_0 à l'origine, que nous nous proposons de déterminer, jusqu'à la valeur H à l'extrémité libre; la viscosité varie en conséquence.

L'équation donnant la vitesse u des particules du liquide en fonction de leur distance r à l'axe du tube s'écrit :

$$\frac{d^2u}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{du}{dr} = \frac{1}{\eta}\frac{dp}{dx} = -C. \tag{3}$$

Les intégrations donnant u, puis le débit Δv pendant le temps Δt sont immédiates

$$\Delta v = \frac{\pi C r_0^4}{8}\Delta t.$$

Il faut maintenant tenir compte de la constante $C = -(1/\eta)\,dp/dx$. Elle exprime la constance du flux le long du tube. Remplaçant η par sa valeur en p et intégrant, il vient

$$e^{-a\frac{p-H}{H}} = \frac{a}{H}C\eta_H x + A.$$

Les deux constantes C et A sont déterminées par les conditions aux limites, c'est-à-dire pour $x = 0$, $p = p_0$ et pour $x = l$ $p = H$. On trouve

$$C = \frac{1 - e^{-a\frac{p-H}{H}}}{\eta_H l}\,\frac{H}{a}.$$

L'équation (3) devient alors, compte tenu de cette valeur de c

$$\Delta v = \frac{\pi r_0^4 H}{8\eta_H l a}\left(1 - e^{-a\frac{p_0-H}{H}}\right)\Delta t$$

mais $\Delta v = \pi R_0^2 \Delta\xi$ et Δt est donné par l'équation (2) après remplacement de Δv et Δt dans l'équation précédente il vient

$$1 - e^{-a\frac{p_0 - H}{H}} = \frac{8 R_0^2 \eta_H l a \sqrt{gL} \sin\frac{\theta}{2}}{r_0^4 H} = \Phi.$$

Considérons le second membre Φ. Si les conditions expérimentales le rendent notablement plus petit que l'unité, l'équation précédente donne pour p_0 une valeur modérée; mais si Φ tend vers 1, p_0 tend vers l'infini. *A fortiori* si Φ devient supérieur à l'unité. Alors X tend vers l'infini, la formule (1) impose $\Delta\xi = 0$, et il n'y a plus écoulement, phénomène que l'on peut comparer à un arc-boutement, mais qui met en jeu des forces de viscosité.

Pratiquement, il y a toujours un petit déplacement, les propriétés réelles des corps ne permettent pas de pressions infinies. L'existence d'un retard à l'établissement de la viscosité ([2]) intervient sans doute aussi. Toutefois le phénomène change d'allure : il y a rebondissement du pendule dans le cas où l'arc-boutement devrait se produire

Cette théorie est évidemment très schématique. Elle suppose la constance de la pression pendant le choc. Les forces d'inertie ont été omises. La résistance qu'oppose la colonne liquide à un mouvement accéléré ne peut que favoriser l'existence des phénomènes indiqués ci-dessus.

ÉLECTROSTATIQUE. — *Potentiel et champ d'une distribution volumique de quadrupôles.* Note (*) de M. **Michel Laudet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous supposerons la distribution telle qu'un élément de volume dv contienne une multitude de quadrupôles très rapprochés, de telle sorte que cette distribution puisse être traitée comme si elle était continue. Chaque élément de volume dv peut alors être considéré comme un quadrupôle élémentaire de moment $P_{uv}\,dv$ le tenseur symétrique de rang 2, P_{uv} étant le moment quadrupolaire par unité de volume de la distribution.

Si la distribution occupe un volume v, limité par une surface s, le potentiel V dû à cette distribution a pour expression, en unités M. K. S. C. :

$$(1) \qquad V(x_1, x_2, x_3) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_v \frac{1}{2} P_{uv}\,\partial^u \partial^v \left(\frac{1}{r}\right) dv,$$

avec

$$dv = d\xi_1\, d\xi_2\, d\xi_3 \qquad \text{et} \qquad r = \sqrt{(x_u - \xi_u)(x^u - \xi^u)}.$$

([2]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 919.

(*) Séance du 29 octobre 1951.

Désignons respectivement par ∂_u et ∂'_u les dérivées par rapport aux x_u et ξ_u. On a :

$$\partial_u \partial_v \left(\frac{1}{r}\right) = \partial'_u \partial'_v \left(\frac{1}{r}\right)$$

la relation (1) peut donc s'écrire

$$V(x_1, x_2, x_3) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int_v \frac{1}{2} P_{uv} \partial'^u \partial'^v \left(\frac{1}{r}\right) dv.$$

Les indices u et v pouvant prendre les valeurs 1, 2, 3, et en faisant usage de la règle de sommation, on obtient

$$P_{uv} \partial'^u \partial'^v \left(\frac{1}{r}\right) = \frac{\partial'^u \partial'^v (P_{uv})}{r} - \partial'^v \left[\frac{\partial'^u (P_{uv})}{r}\right] + \partial'^v \left[P_{uv} \partial'^u \left(\frac{1}{r}\right)\right]$$

en portant dans (1) et en tenant compte de la relation

$$\int_v \partial_v T^{uv} dv = \int_s n_v T^{uv} ds,$$

on obtient pour expression du potentiel

$$(2)\quad V(x_1, x_2, x_3) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \left\{ \int_v \frac{\partial'^u \partial'^v \left(\frac{P_{uv}}{2}\right)}{r} dv - \int_s \frac{n^v \partial'^u \left(\frac{P_{uv}}{2}\right)}{r} ds + \int n^v \frac{P_{uv}}{2} \partial'^u \left(\frac{1}{r}\right) ds \right\}.$$

Posons successivement

$$A_u = -\partial'^v \left(\frac{P_{uv}}{2}\right),$$

$$(3)\quad \begin{cases} \rho = \partial'^u \partial'^v \left(\frac{P_{uv}}{2}\right) = -\operatorname{div}' \vec{A}, \\ \sigma = -n^v \partial'^u \left(\frac{P_{uv}}{2}\right) = \vec{n}.\vec{A}; \end{cases}$$

$$(4)\quad \tau_u = n^v \left(\frac{P_{uv}}{2}\right).$$

L'équation (2) s'écrit

$$(5)\quad V(x_1, x_2, x_3) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \left\{ \int_v \frac{\rho}{r} dv + \int_s \frac{\sigma}{r} ds + \int_s \vec{\tau}.\overrightarrow{\operatorname{grad}'} \left(\frac{1}{r}\right) ds \right\},$$

le grad′ étant pris par rapport aux coordonnées ξ_u de la surface s.

Telle est l'expression du potentiel V en un point $P(x_1, x_2, x_3)$ d'une distribution volumique de quadrupôles. Le champ électrique E s'en déduira par la relation habituelle $\vec{E} = -\overrightarrow{\operatorname{grad}} V$.

La formule (5) montre que le potentiel et par suite le champ sont les mêmes que ceux produits :

1° par des charges *fictives* réparties dans le volume v et sur la surface s avec des densités respectives ρ et σ données par les formules (3);

2° par une répartition *fictive* de dipôles obliques de moment $\vec{\tau}$ donné par la formule (4).

En tout point hors de la surface le potentiel V et le champ $\vec{E}$ satisfont donc aux équations

$$\varepsilon_0 \Delta V = -\rho = \operatorname{div}' \vec{A}, \tag{6}$$

$$\overrightarrow{\operatorname{rot}} \vec{E} = 0, \tag{7}$$

$$\varepsilon_0 \operatorname{div} \vec{E} = \rho = -\operatorname{div} \vec{A}. \tag{8}$$

Mais contrairement à ce qui a lieu pour une distribution volumique de dipôles, on démontre ([1]) que ni le potentiel V, ni la composante tangentielle du champ ne sont des fonctions continues de (x_1, x_2, x_3) quand P traverse la surface. On doit compléter les équations (6), (7) et (8) par les suivantes :

$$\varepsilon_0 (V_+ - V_-) = (\vec{n}.\vec{\tau}), \tag{9}$$

$$\varepsilon_0 (\vec{E}_+ - \vec{E}_-) = (\vec{n}.\vec{A})\vec{n} - \overrightarrow{\operatorname{rot}'}[\vec{n} \times \vec{\tau}] - \overrightarrow{\operatorname{grad}'}(\vec{n}.\vec{\tau}). \tag{10}$$

Posons

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{A},$$

l'équation (8) devient

$$\operatorname{div} \vec{D} = 0. \tag{11}$$

Mais cette relation valable en tout point hors de la surface doit être complétée par

$$\vec{n}.(\vec{D}_+ - \vec{D}_-) = -\vec{n}.\overrightarrow{\operatorname{rot}'}[\vec{n} \times \vec{\tau}] \tag{12}$$

qui traduit à la traversée de s la discontinuité de la composante normale de $\vec{D}$.

Les équations du champ étant linéaires, si nous avions simultanément des distributions de charges simples, de dipôles et de quadrupôles, il suffirait d'ajouter les solutions connues pour les deux premières distributions à celles que nous venons de trouver pour les quadrupôles.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Propriétés du champ électromagnétique des hélices.* Note de M. **Élie Roubine**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons obtenu par une méthode de raccordement le champ électromagnétique, dans tout l'espace, d'un fil fin enroulé en hélice. Les composantes du champ sont exprimées sous forme de séries

---

([1]) STRATTON, *Electromagnetic Theory*, p. 247.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2297.

trigonométriques de l'argument $z/h-\theta$. On peut obtenir des expressions asymptotiques des coefficients de rang élevé à partir d'expressions asymptotiques des fonctions de Bessel modifiées données par Nicholson ([2]). On en conclut que les séries sont absolument et uniformément convergentes dans tout intervalle $0 \leqq r \leqq a-\varepsilon$ ou $r \geqq a+\varepsilon$. Sur le cylindre qui porte l'hélice, elles sont sommables (C, 1) et les valeurs des sommes généralisées assurent la continuité du champ électromagnétique à travers la surface du cylindre. Sur le fil lui-même les séries sont essentiellement divergentes. Toutefois, en assurant la convergence du développement de la composante tangentielle du champ électrique, de sorte que les lignes de champ électrique aboutissent normalement au conducteur, on constate que l'onde doit nécessairement se propager le long du fil avec la vitesse de la lumière c. En définitive, le champ est une superposition d'ondes élémentaires ($\mathcal{C}_n$) telles que

$$\mathcal{E}_r = a_n(r)\, e^{jn\left(\frac{z}{h}-\theta\right)}\, e^{-j\frac{k}{\sin\alpha}z},$$

avec

$$\left.\begin{array}{c} a_n(r) \\ \text{ou} \\ jb_n(r) \end{array}\right\} = \frac{\mathrm{I}\eta}{4\pi\sin\alpha}\{[-\gamma_n \mathrm{K}_n(\gamma_n a) + k\cos\alpha\, \mathrm{K}_{n-1}(\gamma_n a)]\,\mathrm{I}_{n-1}(\gamma_n r)$$
$$\pm[\gamma_n \mathrm{K}_n(\gamma_n a) + k\cos\alpha\, \mathrm{K}_{n+1}(\gamma_n a)]\,\mathrm{I}_{n+1}(\gamma_n r)\},$$

$$jc_n(r) = \frac{\mathrm{I}\eta}{2\pi\sin\alpha}\cot\mathrm{g}\,\alpha\left(\frac{n}{a}-k\cos\alpha\right)\mathrm{K}_n(\gamma_n a)\,\mathrm{I}_n(\gamma_n r),$$

à l'intérieur du cylindre. On obtient des expressions analogues pour le champ magnétique et l'extérieur du cylindre. En particulier en faisant tendre k vers zéro on retrouve le champ du solénoïde en régime stationnaire.

Le fil en hélice constitue, par rapport aux translations parallèles à l'axe, une structure périodique. A chaque onde ($\mathcal{C}_n$) on peut alors attacher une vitesse de phase axiale $ka\,c\sin\alpha/(ka-n\cos\alpha)$ qui peut prendre toute valeur. Toutefois la vitesse de groupe est uniformément égale à la vitesse projetée sur l'axe $c\sin\alpha$.

La convergence des séries est d'autant plus rapide qu'on se rapproche de l'axe ou qu'on s'éloigne du cylindre. Dans un voisinage convenable de l'axe, un ou deux termes peuvent suffire. Ils définissent des ondes dominantes. L'ordre d'une onde dominante croît avec l'argument ka, en particulier avec la fréquence. Ainsi en basse fréquence ($ka < 0{,}3$) l'onde ($\mathcal{C}_0$) est dominante. Le champ est alors de révolution autour de l'axe et les expressions des composantes ont la même forme que dans la théorie de la couche continue ([3]). Toutefois les vitesses de propagation diffèrent, mais d'autant moins que le paramètre $ka\cot\mathrm{g}\,\alpha$ est plus grand. Ce qui conduit, pour ka petit, à envisager des hélices de faible inclinaison α. Ainsi les théories de la couche continue et du fil fin conduisent à des résultats concordants dans les conditions suivantes :

([2]) *Phil. Mag.*, 20, 1910, p. 938.
([3]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1149.

1° Voisinage de l'axe (séries réduites à un terme dominant).

2° Basse fréquence [onde dominante de révolution ($\mathfrak{A}_0$)].

3° Faible inclinaison (concordance des vitesses de propagation).

Ces conditions réunies dans le cas du tube à ondes progressives à faisceau d'électrons étroit expliquent le succès de la méthode de la couche continue dans une théorie élémentaire de ce tube. Il n'en serait plus de même dans le cas du tube à large faisceau d'électrons.

Lorsque ka croît vers $\cos\alpha$ (longueur de la spire d'hélice $=\lambda$) l'onde ($\mathfrak{A}_1$) devient dominante. Dans la bande étroite $(1/\cos\alpha)\pm \operatorname{tg}\alpha$ la vitesse de phase axiale dépasse c et une propagation transversale se manifeste (régime d'antenne). Et ainsi de suite à mesure que ka augmente.

Il est intéressant de comparer ces résultats à ceux d'une étude des modes supérieurs de la couche continue. Des solutions admettant une symétrie de répétition d'ordre n satisfont aux mêmes conditions aux limites que la solution de révolution ([3]) pourvu que la condition de compatibilité

$$(n\sqrt{k^2+\gamma^2}-\gamma^2 a \operatorname{tg}\alpha)^2 \mathrm{I}_n(\gamma a)\,\mathrm{K}_n(\gamma a)+k^2\gamma^2 a^2\,\mathrm{I}'_n(\gamma a)\,\mathrm{K}'_n(\gamma a)=0$$

soit satisfaite. Cette équation transcendante en γ fournit la constante de propagation $\beta=\sqrt{k^2+\gamma^2}$ de chaque solution. Les vitesses de phase obtenues se raccordent parfaitement aux vitesses de phase axiales des ondes ($\mathfrak{A}_{\pm n}$) du fil fin sauf au voisinage de la valeur critique $ka=n\cos\alpha$ (spire d'hélice $=n\lambda$). Cette discordance s'explique par la différence de structure des deux circuits. Envisagée comme une structure périodique l'hélice guide des ondes dont la vitesse de phase axiale peut devenir infinie (lorsque la spire contient un nombre entier de longueurs d'onde, les points situés sur une même génératrice du cylindre sont en phase). La couche continue est par hypothèse même un guide d'ondes continu et ne peut donner lieu à une telle propagation.

OPTIQUE. — *Nouvelle méthode d'observation des objets transparents.* Note de M. **Maurice Françon**, transmise par M. Bernard Lyot.

L'objet déphasant à étudier apparaît grâce à un fond cohérent pris à côté de l'objet lui-même. La méthode s'applique facilement au microscope ordinaire sans changer ses éléments et permet de travailler aussi bien par transmission que par réflexion et en lumière blanche.

Premier procédé. — Considérons un objet transparent M éclairé en lumière blanche et dont la variation de phase soit représentée par la figure 1. La phase est constante en A et en B. Elle varie dans la région M par suite d'une variation correspondante de l'épaisseur optique de l'objet. Éclairons cet objet par un faisceau de lumière parallèle et intercalons entre l'objet et l'objectif du micro scope d'observation un système biréfringent du type polariscope de Savart.

Un polariseur placé avant le polariscope et un analyseur placé après complètent le dispositif. Par suite de la biréfringence du quartz, on observe non pas une image de l'objet, mais bien deux images, l'une ordinaire-extraordinaire M'_{OE}, l'autre extraordinaire-ordinaire M'_{EO} (*fig.* 2). Si le faisceau incident est

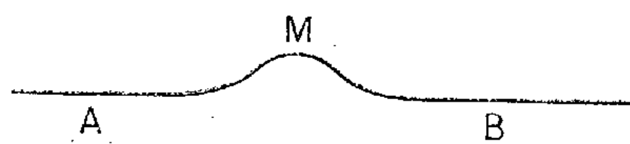


Fig. 1.

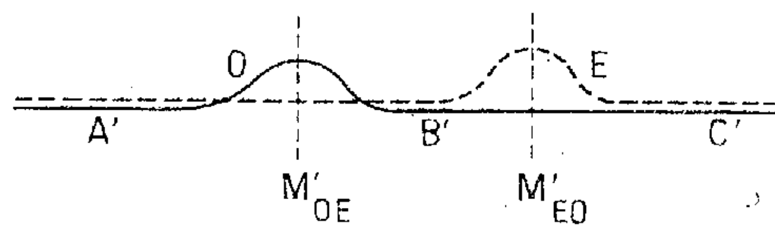


Fig. 2.

normal aux lames du polariscope et si le polariseur et l'analyseur sont parallèles, ces deux images sont en phase pour toutes les longueurs d'onde. L'image M'_{OE} interfère avec le fond de l'image M'_{EO}, et inversement l'image M'_{EO} interfère avec le fond de l'image M'_{OE}. Les variations de phase de l'objet se traduisent par des variations d'intensité lumineuse proportionnelles à la phase. En tournant l'analyseur on peut régler les intensités relatives de ces deux images et obtenir ainsi un contraste variable, c'est-à-dire une sensibilité variable. Interposons une lame demi-onde pour le jaune entre le polariscope et l'analyseur. Cette fois dans les régions A', B', C' l'image ordinaire-extraordinaire et l'image extraordinaire-ordinaire sont déphasées de π pour le jaune moyen du spectre. Ces régions apparaissent avec la teinte sensible (pourpre). Par contre, dans les régions M'_{OE} et M'_{EO} où sont localisées les variations de phase, il n'en est pas de même. La différence de marche devient $\lambda/2$ plus ou moins la différence de marche introduite par l'objet : la teinte sensible vire immédiatement. L'aspect de la teinte donne directement le déphasage de l'objet. La teinte de l'image M'_{OE} n'est pas complémentaire de celle de M'_{EO}, elles sont symétriques par rapport à la teinte sensible.

Deuxième procédé. — On peut s'arranger pour que le dédoublement des images ordinaire-extraordinaire et extraordinaire-ordinaire soit très petit (*fig.* 3). Si le polariscope est réglé à la teinte sensible, le champ est pourpre

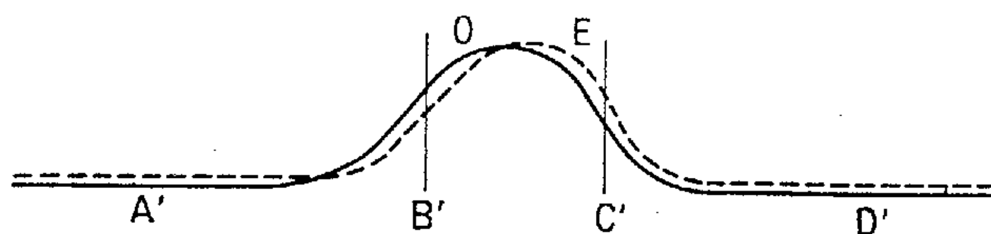


Fig. 3.

dans les régions A' et D'. Par contre, dans les régions B' et C' la teinte sensible vire et décèle maintenant la pente du déphasage. On conçoit qu'en utilisant un dédoublement suffisamment petit par rapport à la largeur de l'objet, l'ensemble des images ordinaire-extraordinaire et extraordinaire-ordinaire

peut mouler l'objet avec une précision suffisante pour que l'image donne une représentation conforme de l'objet.

Le premier procédé donne une précision égale à celle du contraste de phase. Le deuxième procédé donne une sensibilité qui dépend du décalage pour une pente déterminée.

On obtient facilement la précision des interférences, très suffisante en microscopie, sans pour cela être obligé d'utiliser des décalages trop grands pouvant nuire à la représentation des objets.

Par suite de la biréfringence du polariscope, les deux images sont entachées du même astigmatisme. Les rayons de courbure principaux sont intervertis mais les distances d'astigmatisme sont les mêmes. Si e est l'épaisseur en millimètres de l'une des lames et $n \sin u$ l'ouverture numérique du microscope, l'astigmatisme ne sera pas gênant si l'on satisfait à l'inégalité

$$n \sin u \leqq \sqrt{\frac{0,08}{e}}.$$

Soient

$n \sin u \leqq 0,20$	pour $e = 2$ mm,	$n \sin u \leqq 0,14$	pour $e = 4$ mm,
$n \sin u \leqq 0,45$	pour $e = 0,4$ mm,	$n \sin u \leqq 0,28$	pour $e = 1$ mm.

On peut donc placer les lames entre l'objet et l'objectif du microscope à condition d'avoir des frontales suffisantes.

Le condenseur contient dans son plan focal une fente parallèle aux franges à l'infini du polariscope, de sorte que celui-ci est traversé par un faisceau de rayons parallèles. Il est plus pratique d'opérer avec le polariscope dans l'oculaire. Il suffit de placer très près de l'image une lentille dont le foyer-objet coïncide avec le foyer image de l'objectif. De cette façon, l'image de la fente du condenseur se trouvant au foyer image de l'objectif est rejetée à nouveau à l'infini et le polariscope travaille en lumière parallèle. Un viseur sert d'oculaire.

Les lames du polariscope ne doivent pas être trop épaisses car alors les franges à l'infini sont très fines, ce qui nécessite un faisceau lumineux ayant un parallélisme rigoureux. Mais d'autre part, si les lames sont de faible épaisseur, le dédoublement est trop petit. Il faut donc utiliser des objectifs de fortes ouvertures numériques et de faibles grandissements. Il est alors possible de prendre des oculaires puissants permettant d'avoir un dédoublement suffisant avec des lames de quartz de faible épaisseur donnant des franges à l'infini assez larges.

Deux ou plusieurs fentes pourront même être utilisées dans le plan focal du condenseur et permettront d'obtenir des effets curieux de coloration par superposition.

SPECTROSCOPIE. — *Variation dans l'aspect de la structure fine d'un spectre d'absorption infrarouge observé avec une fente de largeur variable* Note de Mme **Josette Vincent-Geisse**, présentée par M. Jean Cabannes.

Il est possible d'obtenir la structure fine d'une bande lorsque la largeur de fente est supérieure à la distance de deux raies consécutives. Le phénomène a été observé dans le cas de la bande fondamentale de vibration-rotation de l'oxyde de carbone.

1. On admet généralement que, dans l'observation de la structure fine d'une bande, il est indispensable d'avoir une fente de spectrographe de largeur inférieure à la distance de deux raies consécutives.

Nous allons montrer tout d'abord très simplement que cette condition n'est pas obligatoire, *que la structure fine est encore visible pour des fentes de largeurs supérieures, et qu'elle disparaît seulement lorsque la largeur de fente a dans le spectre est égale à un multiple de l'écartement d des raies.*

Le problème de l'influence de la largeur de fente sur la distribution énergétique dans un spectre est bien connu [1] et nous l'illustrerons seulement par

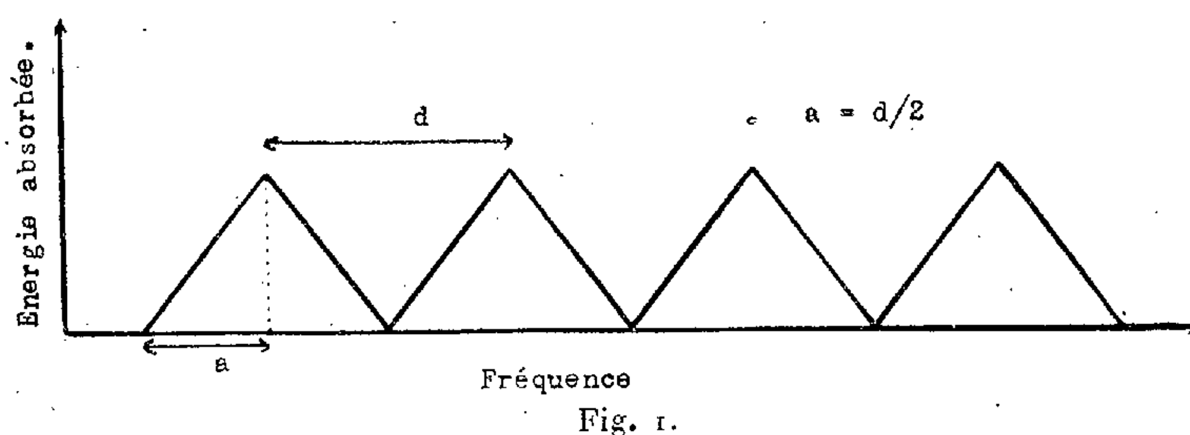


Fig. 1.

quelques figures. Nous prendrons des fentes d'entrée et de sortie égales puisque nos expériences ont été toujours réalisées dans ces conditions.

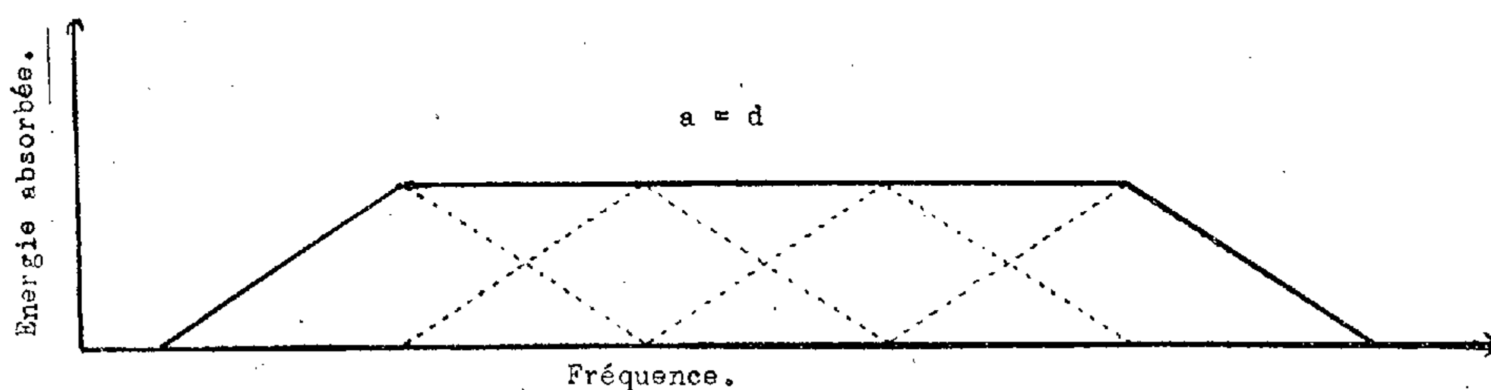


Fig. 2.

Les figures 1, 2 et 3 représentent, en fonction de la fréquence, l'énergie absorbée par une certaine colonne de gaz, respectivement dans les trois cas

[1] On peut voir en particulier à ce sujet : D. M. Dennison, *Phys. Rev.*, 31, 1928, p. 503-519; P. H. van Cittert, *Z. Physik*, 55, 1930, p. 547-563.

$a=d/2$, $a=d$, $a=3d/2$, en négligeant les phénomènes de diffraction et en supposant une énergie incidente constante dans le spectre.

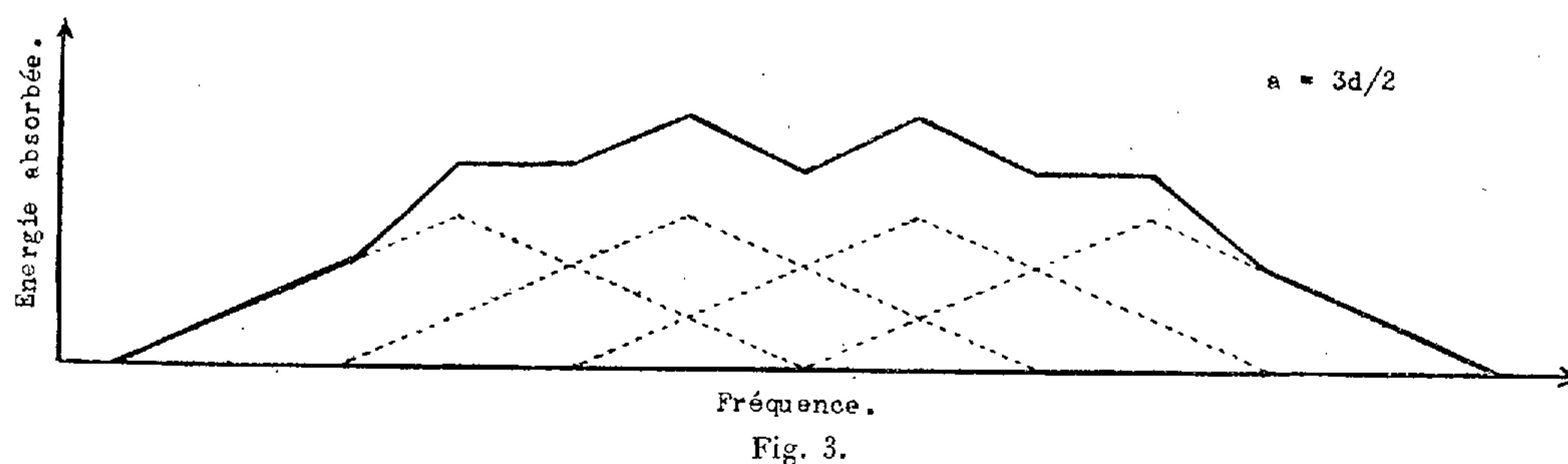


Fig. 3.

Si la fente est suffisamment large, la diffraction a pour seul effet d'arrondir les angles et d'augmenter très légèrement la base des triangles, mais ne change rien à l'allure générale du phénomène.

Dans la figure 2 les raies ont disparu; dans la figure 3 elles apparaissent de nouveau au-dessus d'un fond continu; on remarquera toutefois que la première et la dernière sont peu visibles et paraissent déplacées. Quand il n'y a que deux raies elles ne sont pas séparées. Le phénomène ne s'observe qu'à partir de trois raies consécutives et encore à condition qu'elles ne soient pas d'intensités trop différentes.

Pour $a=2d$ la structure fine disparaît, pour $a=5d/2$ elle est de nouveau visible mais plus difficilement et avec deux raies en moins de chaque côté, et ainsi de suite si l'on continue à augmenter la fente

2. Nous avons pu mettre ce phénomène en évidence dans le cas de la bande fondamentale de vibration-rotation de l'oxyde de carbone étudiée avec un spectrographe Perkin-Elmer 12 *c*, un prisme en fluorine et une fente comprise entre 15 et 50 μ.

Quand on passe des raies -27 à $+27$ dans un même spectre, la largeur spectrale de la fente varie du simple au double environ par rapport à la distance de deux raies consécutives, si bien que l'on peut observer à la fois, sur un même spectre, les divers aspects décrits précédemment.

Pour une fente égale à 50 μ par exemple, nous avons à l'extrémité de la branche R, $a=2d$, et nous voyons les raies disparaître à partir de la 19e; dans la branche P, $a=d$ aux environs de la 23e raie, si bien que, dans ce cas, le milieu du spectre s'observe avec une fente comprise entre d et $2d$.

Nous allons maintenant comparer la largeur de la fente donnée par la disparition des raies dans le spectre avec celle que l'on calcule à partir de la courbe de dispersion de la fluorine (1re et 3e lignes du tableau).

La correspondance semble mauvaise mais ces grandes différences disparaissent si nous tenons compte des phénomènes de diffraction négligés jusqu'ici. En effet le calcul montre qu'une fente infiniment fine donne, à la

sortie du spectrographe, une image de diffraction de largeur $a_0 = 27\ \mu$ donc du même ordre de grandeur que les fentes utilisées (*fig.* 4). Nous voyons alors

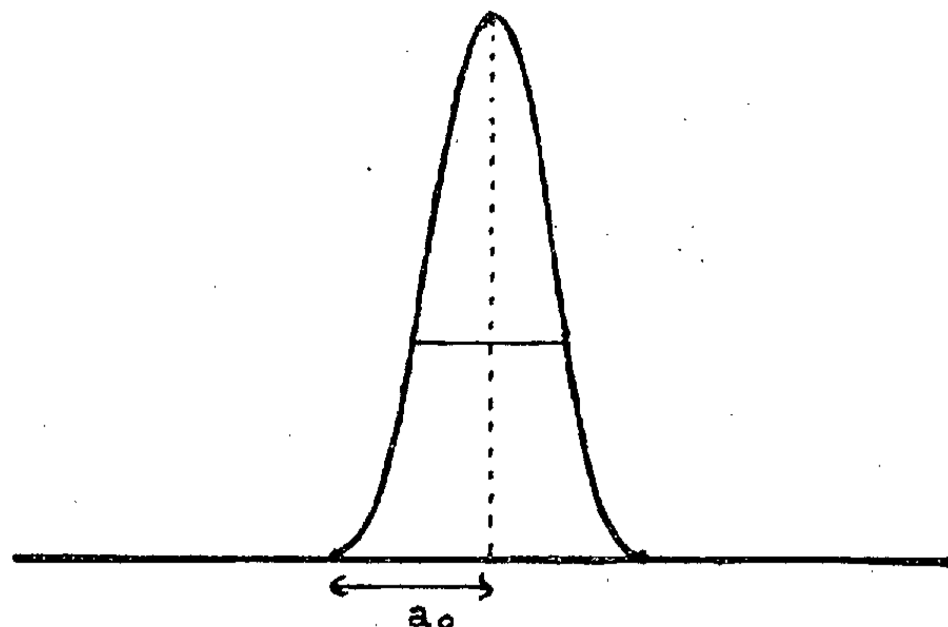


Fig. 4.

(2ᵉ et 3ᵉ lignes du tableau) que la comparaison est satisfaisante, compte tenu du peu de précision de la correction apportée.

Fente marquée (μ)	50	40	32	25	20	15
Fente corrigée pour la diffraction	67,5	56,5	46,5	41	37	35
Fente apparente dans le spectre	57,5	52,5	48	44,7	41,5	38

EFFET RAMAN. — *Spectre Raman de* $MnCl_2, 4H_2O$ *à l'état monocristallin.* Note de M. **André Galy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le chlorure de manganèse appartient au groupe fini $P\,2_1/m$. Sa structure est malheureusement inconnue. Par la suite, OY représentera l'axe binaire ($n = 1,57$), OX et OZ les deux autres axes de l'ellipsoïde des indices correspondant respectivement à $n = 1,55$ et $n = 1,60$.

Le spectre Raman de ce cristal a été étudié en lumière polarisée (lumière incidente naturelle), à température ordinaire.

1. *Spectre de basse fréquence.* — On observe les fréquences suivantes :

Fréquences en cm^{-1}	44	54	79	104	130
Intensité	F	f	F	F	m
Type	A_g	B_g	$A_g + B_g$	A_g	?

Fréquences en cm^{-1}	160	180–190–200	290
Intensité	f	F et larges	f
Types	A_g	?	$A_g + B_g$

Il convient de noter que les fréquences marquées F sont très intenses bien que ce soient sûrement des fréquences de translation. Cela n'est pas étonnant, puisque l'ion Mn est très polarisable.

2. *Spectre de moyenne fréquence :*

Fréquences en cm^{-1}...	375	720	1595	1645
Intensité.............	f et large	f et large	m et fine	m et fine

La raie 375 est représentable par un tenseur antisymétrique par rapport aux éléments de la maille cristalline. Cette raie a déjà été observée sur plusieurs cristaux hydratés ([1]). Elle serait due aux pulsations des molécules d'eau par rapport à l'ion métallique auquel elles sont électrostatiquement liées.

La bande 720, très large et très diffuse, a une fréquence qui varie avec l'orientation. Elle pourrait être due à un spectre de deuxième ordre.

Les fréquences 1595 et 1645 sont des fréquences de déformation des molécules d'eau. Elles sont chacune de type $A_g + B_g$.

3. *Spectre de grandes fréquences dû aux oscillations de valence des molécules d'eau.* — On observe les fréquences suivantes en cm^{-1} (les fréquences intenses sont indiquées par F).

												Bande large.
Incident	OZ...	Composante	*i*	3 328	–	–	3 410	–	3 497	–		–
Diffusé	OX...	»	I	–	3 384 F	–	–	3 446 F	–	–		3 300–3 650
»	OZ...	»	*i*	3 327	–	3 398	–	–	3 498	–		–
»	OY...	»	I	–	–	3 398 F	–	–	3 498	–		3 300–3 500
»	OX...	»	*i*	3 327	–	–	3 408	–	3 500	–		–
»	OY...	»	I	3 327 F	–	–	–	3 445	–	3 508 F		3 200–3 500
»	OX...	»	*i*	3 328	–	–	3 408 F	–	3 497	–		–
»	OZ...	»	I	–	3 382 F	–	–	3 446 F	–	–		3 300–3 650
»	OY...	»	*i*	–	–	–	–	–	–	–		–
»	OZ...	»	I	3 325	–	3 400 F	–	–	3 500	–		3 300–3 500
»	OY...	»	*i*	–	–	–	–	–	–	–		–
»	OX...	»	I	3 326 F	–	–	–	3 447 f ?	–	3 512 F		3 300–3 500

Tenseurs dérivés des polarisabilités correspondants.

3 327.	3 383.	3 400 + 3 410.	3 446.	3 497.	3 510.
o o f	o o o	F o f	o o o	f o f	o o o
o o o	o F o	o f o	o F o	o o o	o o o
f o F	o o o	f o o	o o f	f o o	o o F

Les termes marqués *f* sont très faibles devant ceux marqués F. Il en résulte que le tenseur relatif à la raie 3497 est douteux.

Toutes les raies observées sont représentables par un tenseur symétrique par rapport aux éléments de symétrie du cristal. Les groupes de fréquences 3497-3510, d'une part, 3384-(3400-3410), d'autre part, ne doivent donc pas être considérés comme résultant d'un couplage entre molécules d'eau d'une même famille.

([1]) J.-P. MATHIEU, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 896.

La question se pose de savoir si les fréquences du groupe 3400-3410 correspondent à des vibrations moléculaires distinctes ou si les faibles variations de fréquence observées résultent du mécanisme même de la diffusion.

En absence de renseignements cristallographiques il est assez difficile de résoudre le problème. Notons cependant que chacune des raies 3400 et 3410 cm^{-1}, prise isolément, n'est pas représentable par un tenseur. Il est donc vraisemblable, puisque, par ailleurs, aucune anomalie tensorielle ne se manifeste, que cette variation de fréquence est due au mécanisme de la diffusion.

Une autre remarque s'impose : ces raies, à l'exception de la fréquence 3497 cm^{-1}, se manifestent avec des intensités comparables. Il est donc improbable qu'elles correspondent à des fréquences symétriques ou antisymétriques par rapport aux éléments de symétrie des molécules d'eau considérées comme isolées du cristal.

La forme des tenseurs observés conduit à penser que, dans de nombreux cas, les perturbations dues à l'entourage du cristal suppriment le couplage entre les deux oscillateurs OH qui constituent la molécule d'eau, et que l'ellipsoïde associé au tenseur dérivé des polarisabilités de l'oscillateur OH a son grand axe dirigé suivant la liaison O-H.

RAYONS X. — *Sur l'influence du moment magnétique nucléaire sur la largeur des raies dans les spectres de rayons* X. Note de MM. **Marcel Frilley, Bhaskar G. Gokhale** et **Manuel Valadares**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La structure hyperfine des niveaux optiques a pour origine, d'après Pauli, l'interaction entre le moment magnétique total (spin + orbital) de l'électron déplacé et le moment magnétique nucléaire. Celle-ci doit avoir en principe un effet analogue sur les niveaux profonds qui interviennent dans l'émission des spectres de rayons X.

Les nombres quantiques correspondants au moment angulaire total de l'électron et au spin du noyau étant J et I, F leur résultante, on trouve que, lors que I n'est pas nul, le niveau K doit se décomposer en deux sous-niveaux pour lesquels les valeurs respectives de F sont $I + 1/2$ et $I - 1/2$.

Les méthodes de la mécanique ondulatoire ont conduit Breit (1) à calculer, pour la séparation hyperfine du niveau K, la valeur :

$$\Delta E = 1{,}04\left(\frac{Z}{100}\right)^3\left(I+\frac{1}{2}\right)\left(\frac{\mu}{I}\right)(2\rho^2-\rho)^{-1}\,eV.$$

Dans cette expression, Z est le nombre atomique, μ est le moment magnétique du noyau en magnétons nucléaires et I le spin du noyau en unités $h/2\pi$,

(1) *Phys. Rev.*, 35, 1930, p. 1447.

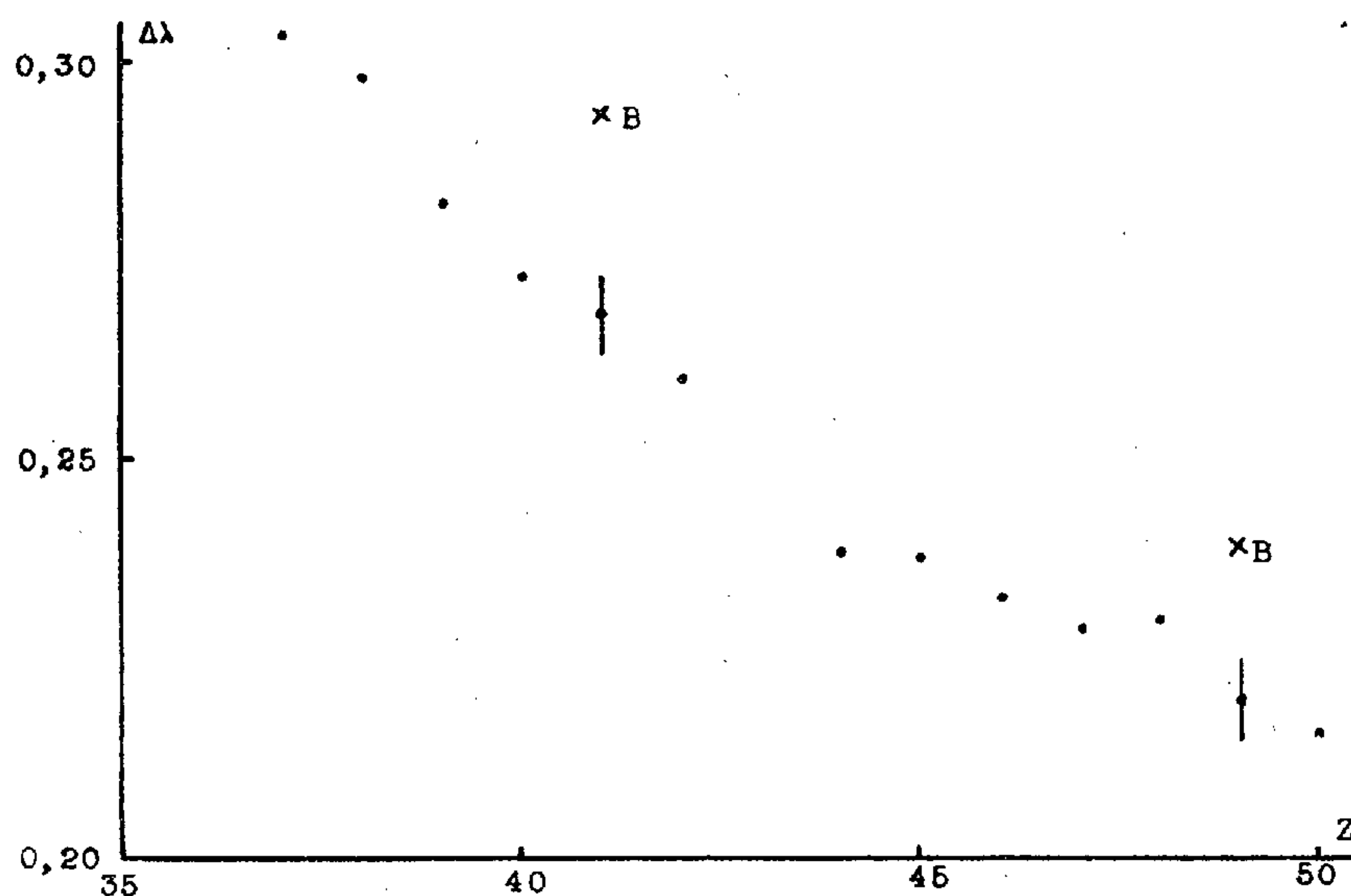
$(2\rho^2-\rho)^{-1}$ est un facteur de correction relativiste où $\rho=(1-\alpha^2Z^2)^{1/2}$, $\alpha=2\pi e^2/hc$ étant la constante de structure fine de Sommerfeld.

Pour le niveau K d'un élément donné, la séparation hyperfine varie d'un isotope à l'autre, avec le produit $(I+1/2)(\mu/I)$. La séparation hyperfine des niveaux L étant, d'après Breit, beaucoup plus faible que celle du niveau K, on peut considérer que les raies K_{α_1} ($L_{III}\to K$) et K_{α_2} ($L_{II}\to K$) sont constituées seulement de deux composantes dues au dédoublement du niveau K. La résolution de cette structure hyperfine est impossible expérimentalement, la largeur naturelle des composantes étant supérieure à leur distance.

Considérons cependant la somme $\Sigma_i(I+1/2)(\mu/I)\,a_i/100$ où a_i est l'abondance en % des différents isotopes. On constate que, pour une série d'éléments allant de 37 Rb à 50 Sn, cette somme est très petite sauf pour 41 Nb et 49 In. La formule de Breit donne :

$\Delta E = 0{,}563$ eV et $\Delta\lambda = 0{,}025$ UX pour 41 Nb,
$\Delta E = 0{,}924$ eV et $\Delta\lambda = 0{,}019$ UX pour 49 In.

Pour ces éléments, la séparation hyperfine ainsi calculée atteindrait environ 10 % de la largeur des raies K_α et il doit en résulter une altération observable de la structure de ces raies. Si les intensités des deux composantes sont différentes, on doit enregistrer des raies dissymétriques; si les intensités



sont du même ordre, les raies doivent rester symétriques comme celles des éléments voisins non doués de spin nucléaire, mais on doit observer un élargissement résultant de la séparation hyperfine du niveau K. Il paraît en effet improbable que les composantes aient une largeur naturelle plus faible que la raie correspondante d'un isotope dépourvu de spin du même élément.

L'un de nous a enregistré les raies K_α des éléments 37 Rb à 50 Sn et mesuré leurs largeurs avec une précision de 0,005 UX ([2]). Pour tous ces éléments, les raies restent rigoureusement symétriques et l'on peut en conclure que les composantes de structure fine ont des intensités comparables. Les règles de Burger et Dorgelo ([3]) conduiraient à la même conclusion.

En ce qui concerne les largeurs des raies, la figure montre pour les raies $K_{\alpha 1}$ que les valeurs de $\Delta\lambda$ varient régulièrement en fonction de $Z(\Delta E \sim Z^3)$ et que par rapport aux éléments voisins, celles de 41 Nb et 49 In ne présentent pas d'élargissement observable. Pour ces dernières sont figurées également les limites des erreurs expérimentales et les points B correspondant aux largeurs qui résulteraient de l'application de la formule de Breit. L'expérience montre donc que l'influence du moment magnétique nucléaire sur le niveau K est plus faible que ne l'indiquerait la théorie.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'émission spontanée de neutrons par l'uranium.* Note de M. **Maurice Élie Nahmias**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Il a été suggéré par Da Silveira ([1]) que la désintégration du nucléide $^{91}_{234}$UX 2 aurait une certaine probabilité de se faire par émission d'un neutron, donnant ainsi le nucléide $^{91}_{233}$UZ, que l'on aurait jusqu'ici pris pour l'isomère $^{91}_{234}$UZ.

Les expériences de Da Silveira étaient basées sur des mesures d'absorption, de la radiation émise par l'oxyde d'U, en équilibre ou fraîchement débarrassé de UX 1 et de UY. Ces mesures effectuées avec des écrans de Na_2BO_3 ou avec des écrans de Na_2CO_3, montraient que l'absorbant contenant du bore interceptait plus de radiations que celui qui n'en contenait point.

Mlle Da Silveira interpréta cette différence comme étant due à une composante neutronique. Cette radiation disparaissant en outre avec l'extraction de UX 1 et de UY, elle l'attribua à l'un des nucléides UX 1, UX 2, UZ ou UY et particulièrement à UX 2.

J'ai repris ces expériences avec une autre technique et j'arrive à la conclusion que cette composante neutronique n'est pas due à l'un des nucléides mentionnés, mais à U 235, par fission dite spontanée.

Un compteur à BF_3 (12 cm de pression, 5 cm de diamètre et 35 cm de long), relié à un amplificateur proportionnel, était entouré par un cylindre de paraffine de 50 cm de long et de 2 cm d'épaisseur. Un second cylindre, concentrique, de 1 cm d'épaisseur, contenant 3 kg de U_3O_8, fraîchement débarrassé de UX 1 et de UY, entourait le premier cylindre de paraffine. Un second cylindre, de 5 cm d'épaisseur de paraffine entourait la couche d'oxyde d'U.

([2]) Gokhale, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 937.
([3]) *Z. Physik*, 23, 1924, p. 258.

([1]) *Portug. Phys.* 1, 4, 1945, p. 167.

En l'absence des deux cylindres de paraffine, et en présence de l'oxyde d'U, le compteur présentait un mouvement propre négligeable, inférieur à 1 coup toutes les 10 mn.

En présence des deux cylindres de paraffine et en l'absence de l'oxyde d'U, le mouvement propre, dû aux neutrons du rayonnement cosmique, était de $0,8 \pm 0,2$ c : mn.

En présence de la paraffine et de l'oxyde d'U, l'effet observé est de $2,1 \pm 0,1$ c : mn, soit $1,3 \pm 0,3$ c : mn de plus que le mouvement propre. En laissant s'accumuler l'UX 1 et ses dérivées on n'observe aucune modification appréciable de la composante neutronique : l'intensité reste pratiquement constante du premier au 120e jour après la purification de l'oxyde d'U.

Le rendement de l'ensemble expérimental a été mesuré avec une source de 1 mg de radium mélangé à du béryllium. Placée à mi-hauteur du cylindre contenant normalement l'oxyde d'U, cette source donne près de 300 c : mn, ce rendement est par conséquent de l'ordre de 3 pour 10 000. Ceci donne une limite supérieure de 5 000 neutrons par minute émis dans 4π par les 3 kg de U_3O_8, en accord satisfaisant avec les résultats de Whitehouse et Galbraith [2] qui trouvent environ 24 neutrons par heure et g d'U, et avec ceux de Turner [3] qui donne une période de 10^{15} années pour la fission spontanée de U 235.

L'effet, beaucoup plus important, observé par Mlle Da Silveira, avec une source de quelques décigrammes d'oxyde d'U, et avec un compteur à air, n'était vraisemblablement pas provoqué par des neutrons.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la théorie des trous dans les liquides. Calcul de la variation de volume lors de la fusion.* Note de Mlle **Geneviève Sutra**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré que la formation d'un trou nécessitait une énergie moyenne de $3kT/2$ et que, *en admettant que le nombre des trous est égal à celui des atomes*, on peut calculer la chaleur de fusion, au moins pour certaines substances comme les gaz rares. Il suffit d'égaler l'énergie de formation des trous à la chaleur de fusion.

On doit pouvoir calculer aussi la variation de volume lors de la fusion en l'égalant au volume total des trous. On continue à supposer que les trous sont sphériques, de rayon r; pour 1 at-g, on écrit

$$\frac{3}{2}RT = 4\pi N\gamma r^2, \tag{1}$$

$$\Delta V = N\frac{4}{3}\pi r^3. \tag{2}$$

---

(2) *Phil. Mag.*, **41**, 1950, p. 429.

(3) *Rev. Mod. Phys.*, 17, 1945, p. 292.

(1) G. Sutra, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1027.

De (1) et (2) on tire $\Delta V = (1/32\pi N)^{1/2}(RT/\gamma)^{3/2}$, soit numériquement

$$\Delta V = 0,10\left(\frac{T}{\gamma}\right)^{\frac{3}{2}}. \tag{3}$$

Le tableau ci-dessous donne sous la rubrique ΔV_3 les valeurs calculées par (3) à partir de la température de fusion et de la tension superficielle au point de fusion. Elles concordent très mal avec les valeurs mesurées. La concordance est encore plus mauvaise en prenant RT/2 pour l'énergie.

Substance.	T_f.	γ (dynes : cm).	ΔV_3 (cm³).	ΔV_{exp}.	r_0 (Å).	ΔV_6.
Ag.........	1 234	294	0,14	0,51	1,86	1,46
Al..........	931	550	0,22	0,75	1,43	1,51
Zn.........	693	756	0,085	0,63	1,34	0,77
Na.........	371	294	0,14	0,51	1,86	1,46
Ga.........	303	358	0,08	0,63	1,22	0,65
Hg.........	230	490	0,035	0,52	1,49	0,44
Ne..........	24,6	5,6	0,90	2,19	1,12	3,05
A..........	83,8	13,5	1,55	3,05	1,54	6,0

Le calcul peut être fait autrement. L'hypothèse soulignée plus haut s'interprète en admettant que le « volume libre » s'accroît *autour d'un atome* durant la fusion. Si r_0 est le rayon de l'atome, r le rayon de l'ensemble atome-trou après fusion, on écrit que l'énergie de formation est égale au travail de la tension superficielle du rayon r_0 au rayon r.

$$\frac{3}{2}RT = 4\pi N\gamma(r^2 - r_0^2), \tag{4}$$

$r - r_0$ est très faible, par exemple $2,5 . 10^{-10}$ cm pour Hg; (4) s'écrit donc

$$\frac{3}{2}RT = 8\pi N\gamma r_0 \Delta r. \tag{4'}$$

On écrit ensuite

$$\Delta V = N\frac{4}{3}\pi(r^3 - r_0^3) \cong 4\pi N r_0^2 \Delta r. \tag{5}$$

Combinée avec (4), cette équation donne

$$\Delta V = \frac{3RTr_0}{4\gamma}. \tag{6}$$

Les valeurs de ΔV calculées par (6) sont inscrites sous la rubrique ΔV_6 dans le tableau. Alors que les ΔV_3 sont systématiquement inférieurs et souvent très inférieurs aux valeurs mesurées, les ΔV_6 semblent beaucoup plus satisfaisants. L'hypothèse des trous sphériques est évidemment simpliste et les tensions superficielles des métaux fondus sont assez mal connues. Il semble cependant ici encore que l'emploi de la tension superficielle macroscopique donne l'ordre de grandeur correct de ΔV. Inversement l'emploi de la relation (6) est indiqué pour obtenir une valeur approchée de γ.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la transformation du bromure d'argent en argent.* Note de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. Armand de Gramont.

Des films minces de bromure d'argent sont préparés par évaporation dans le vide. Par diffraction électronique, on constate que le passage du faisceau d'électrons s'accompagne de la libération d'argent. La méthode employée permet d'étudier le comportement des films de bromure d'argent polycristallins et unicristallins; l'argent est libéré sous forme microcristalline, sans aucune orientation privilégiée.

Dans des travaux antérieurs j'ai montré qu'il était possible d'étudier par diffraction électronique le comportement du bromure d'argent sous l'action de la lumière et des électrons ([1]), ([2]); la libération d'argent peut alors s'observer d'une façon en quelque sorte cinématographique, grâce à la faculté que possèdent les faisceaux d'électrons monocinétiques de se diffracter sur les produits mêmes auxquels ils ont donné naissance. La formation d'argent microcristallisé se décèle dès les premiers instants pour l'émulsion photographique (gélatinobromure d'argent) soumise à l'action des électrons, tandis qu'elle ne s'observe pas pour le bromure d'argent préparé par voie chimique.

J'ai cherché à obtenir par une autre méthode des films très minces d'halogénures d'argent. Pour cela, on chauffe dans le vide des cristaux d'Ag Br dont la vapeur est recueillie et condensée sur un support approprié, consistant en une fine pellicule de collodion ou de gélatine, ou encore une surface de glycérine. De tels films, examinés par la méthode de transmission, donnent lieu à de beaux diagrammes de diffraction électronique, indiquant une structure microcristalline désordonnée de Ag Br (anneaux de Debye-Scherrer, *fig.* 1); si, au contraire, la condensation a lieu sur une face fraîche de clivage (200) de NaCl, le film obtenu est unicristallin (taches de diffraction isolées, *fig.* 2), le réseau de NaCl étant en effet très voisin de celui de Ag Br.

L'étude de ces films est effectuée en tous points au moyen d'un faisceau électronique de 45 à 55 kV (diamètre 0,01 mm) et durant des temps variables compris entre quelques secondes et une heure. D'une façon générale, et sous l'influence locale du bombardement électronique, on observe l'apparition plus ou moins rapide d'anneaux de diffraction superposés au diagramme primitif d'Ag Br, et qui proviennent d'argent libéré sous la forme de très petits cristaux disposés au hasard; en général, aucune orientation privilégiée de l'argent ne se manifeste, même si l'on part de préparations unicristallines d'Ag Br. Le cliché 3 permet ainsi de distinguer clairement les anneaux d'argent (111), (200), (220), (311), ... superposés au diagramme de taches d'halogénure (*fig.* 3).

([1]) J.-J. Trillat et H. Motz, *J. Phys.*, 7, n° 2, 1936, p. 89-92.
([2]) J.-J. Trillat et R. Mérigoux, *J. Phys.*, 7, n° 12, 1936, p. 497-502.

La vitesse de formation de l'argent est extrêmement variable suivant la préparation et suivant le point examiné. L'épaisseur joue un rôle certain, ainsi que la plus ou moins grande perfection de la structure cristalline du

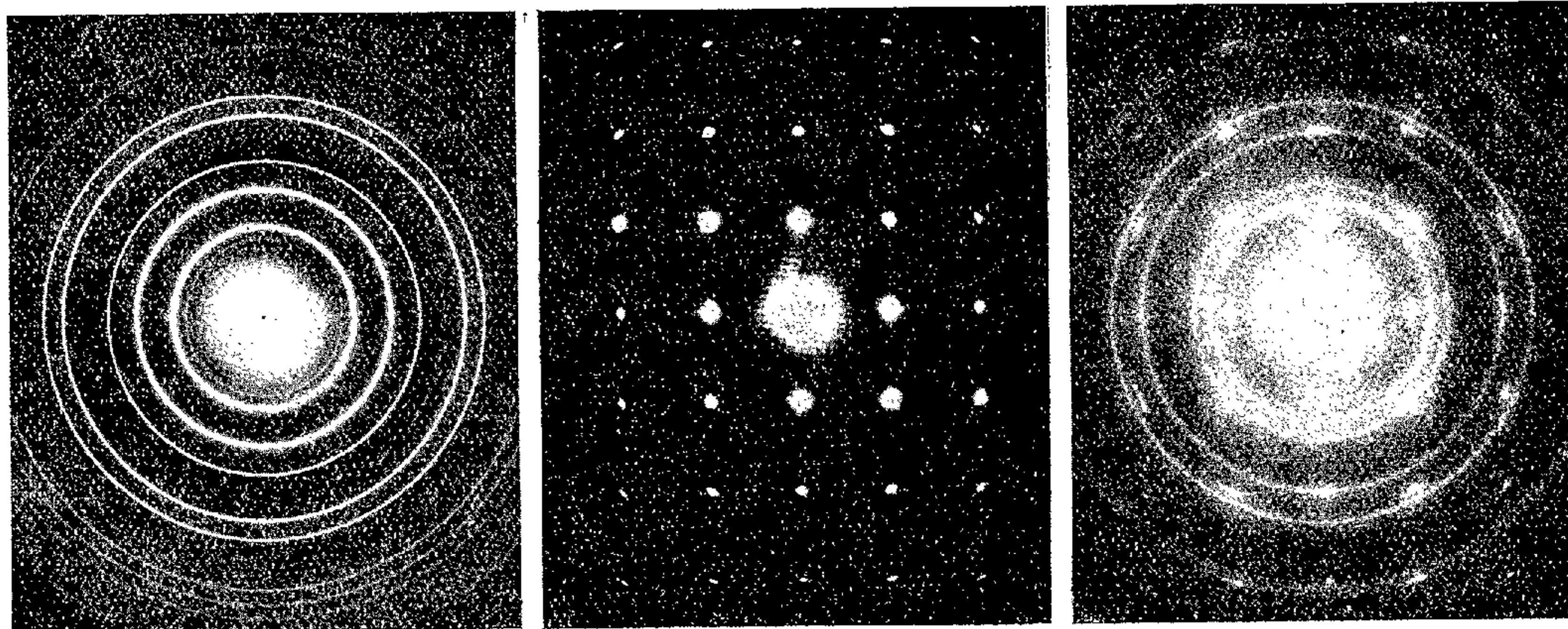


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

bromure d'argent, comme nous l'avions d'ailleurs signalé autrefois ([2]). Il arrive que certaines régions ne montrent, dès le début, que le diagramme d'argent seul, tandis que d'autres, au contraire, ne donnent que le diagramme de bromure d'argent inaltéré, quelle que soit la durée de l'irradiation.

Les pellicules d'Ag Br peuvent, après exposition à la lumière ou aux électrons, être développées en les déposant simplement à la surface d'un bain de révélateur. L'examen de ces films développés montre uniquement des anneaux d'argent polycristallin sans aucune orientation privilégiée, et cela quel que soit le mode de préparation du bromure.

De nombreuses autres particularités intéressantes ont pu être constatées; elles seront décrites dans un Mémoire plus détaillé. Citons, en particulier, la recristallisation des films épais d'AgBr sous l'influence du bombardement électronique; l'effet thermique qui se manifeste par une désorientation locale des cristaux uniques; l'influence de la nature du support, et en particulier de la gélatine sur la vitesse de formation de l'argent; l'apparition de traînées radiales faisant songer à de l'astérisme, mais dues en réalité à l'accumulation de charges électriques dans les taches de diffraction.

Ces études complètent nos recherches antérieures, ainsi que celles effectuées depuis quelques années au moyen du microscope électronique sur le comportement du bromure d'argent ou de l'émulsion photographique vis-à-vis de la lumière ou des électrons ([3]). Elles apportent des éléments d'information dont doivent tenir compte les théories sur la formation de l'image latente et sur la solarisation.

([3]) *Voir* en particulier : P. Selme, *Sc. et Ind. Photo.*, n° 10, 1951, p. 361-368.

PHYSICO-CHIMIE APPLIQUÉE. — *Application du pouvoir sélectif des échangeurs d'ions dans le traitement de certains liquides alimentaires.* Note de MM. **Géza Austerweil** et **Philippe Pécheur**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans une Note précédente [1] l'un de nous a indiqué une qualité encore peu connue des échangeurs d'ions : *la sélectivité.* Pour les échangeurs de cations, cette sélectivité consiste dans la fixation préférentielle de certains cations en solution sur l'échangeur. Ainsi, les ions des métaux lourds et des métaux alcalino-terreux se fixent sur *certains* échangeurs de cations, de préférence aux ions des métaux alcalins, de sorte que dans un liquide où ils sont tous présents, la teneur en ions Fe, Cu, Mg, Ca et aussi celle de certains ions organiques basiques complexes, est fort appauvrie après le passage sur l'échangeur, la teneur en ions des métaux alcalins l'étant beaucoup moins. Certains échangeurs de cations deviennent donc négativement sélectifs pour ces derniers.

Une des formes de cette sélectivité s'exprime par le *rapport* du quotient des deux (ou du groupe des deux) ions à séparer dans le liquide à traiter (par exemple : K/Ca) et le quotient des deux mêmes ions dans le liquide après son passage sur l'échangeur de cations.

Le *pouvoir sélectif* est exprimé par la vitesse avec laquelle ce rapport tend à s'établir [2], vitesse qui influencera le temps de contact entre l'échangeur et le liquide. Cette vitesse, pour la même paire d'ions à séparer, varie d'un échangeur à l'autre; de ce fait, un échangeur peut être effectif pour un ion, et presque ineffectif pour l'autre, qui serait trop lentement retenu. On peut donc influer sur le pouvoir sélectif par le temps de contact, comme par le choix de l'échangeur ou par les deux. Ainsi, le copolymère sulfoné du polystyrolène et d'un ester éthylénique est sélectif pour les ions Ca et Mg; les zéolites le sont aussi pour les ions Mg. Certains échangeurs, obtenus par polymérisation de monomères optiquement actifs, sont sélectifs pour les composants optiquement actifs d'une solution inactive optiquement.

On a pu mettre à profit ce qui précède dans le traitement de certains liquides alimentaires, en éliminant à l'aide d'échangeurs sélectifs la plus grande partie des ions techniquement indésirables, sans trop toucher aux autres. Ainsi, l'excès des ions Fe et Cu est indésirable dans les vins, dont il cause la casse; de même, il est utile d'abaisser dans les vins et cidres les ions Ca et Mg, ainsi que certains ions organiques azotés, afin d'empêcher, par insuffisance nutritive, l'évolution de certains microbes dont ce genre de liquides pourrait être infecté.

---

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1481.
(2) *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1951, p. 528.

D'autre part, il est utile de n'éliminer qu'une *partie* des ions K présents dans les vins jeunes, ceci jusqu'à la limite de cristallisation du bitartrate, afin d'éviter dans les vins toute cristallisation ultérieure. Celle-ci, par sa lente formation pendant quelques mois après la fin des fermentations, est la cause de dépôts, qui retardent la mise en bouteilles jusqu'à plusieurs mois après la récolte. Mais on doit laisser dans ces vins la quantité de potassium nécessaire à leur tenue et leur goût.

Le tableau suivant indique le résultat obtenu par le passage de deux vins différents sur un échangeur de cations approprié, phase hydrogène, aux vitesses optimales pour la meilleure utilisation du pouvoir sélectif :

	Vin I.		Vin II.	
	Avant échange.	Après échange.	Avant échange.	Après échange.
Teneur en K (mg : l)........	756	396	524	360
» Ca (mg : l)........	131	50	123	42
» Fe (mg : l)........	12	4	11	2
» K (équiv.-g : l) ..	0,0193	0,0100	0,0134	0,0092
» Ca (équiv.-g : l) ..	0,0065	0,0025	0,0061	0,0021
» K/Ca (poids).....	5,77	7,93	4,3	8,57
» K/Ca (équiv.-g)...	3	4	2,2	4,4
» pH..............	3,4	2,7	3,1	2,5
Sélectivité K/Ca (mol).......	0,75		0,5	

Si le quotient K/Ca dans le vin avant et après passage sur l'échangeur avait été le même (c'est-à-dire leur rapport = 1) il n'y aurait pas eu de sélectivité, et pas de résultat du traitement; le rapport étant < 1, il y a sélectivité négative pour le numérateur; son ion est moins retenu.

Il résulte de ce tableau que l'échangeur employé est, dans les conditions de l'emploi, positivement sélectif pour les ions Ca, puisque sur quatre ions Ca présents au début, il n'en laisse que 1. Pour les ions K présents au début, il en reste à peu près la même quantité dans les deux vins, c'est-à-dire environ la limite nécessaire pour ne pas dépasser la solubilité du bitartrate de potassium à basse température; il ne s'en formera plus comme dépôt ultérieurement.

Le pH plus élevé des vins ayant passé sur l'échangeur est dû à l'échange partiel de l'ion K par l'ion H. Un passage sur un échangeur d'anions approprié et à la vitesse sélective permet de ramener le pH à la valeur qu'avait le vin à l'origine; l'excès d'acidité seul est alors capté par ce deuxième échangeur.

Un pareil passage de moûts mûtés par SO_2 permet également l'élimination sélective de celui-ci sans toucher aux acides naturels présents.

Les vins ainsi traités restent pratiquement stériles, même en bouteilles entamées, grâce à leur insuffisance nutritive pour les microbes; on n'y constate ni fleur, ni piqûre, ni casse, ni tourne; le goût restant toujours franc.

RADIOCHIMIE. — *Actions des radiations ionisantes sur les solutions colloïdales.* Note de MM. **Moïse Haïssinsky** et **W. Gluzbarg**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les données bibliographiques concernant les actions des radiations ionisantes sur les solutions aqueuses des colloïdes sont extrêmement confuses et contradictoires. Cette situation est sans doute due, d'une part, à la grande sensibilité de ces solutions aux conditions du milieu et donc au mode de préparation; d'autre part, aux méthodes et aux critères choisis pour juger de la variation de la stabilité. Il semble néanmoins qu'on puisse dégager de l'ensemble des travaux une conclusion qui est proche des opinions exprimées par Crowther et Fairbrother [1] et par Boutaric et M[lle] Roy [2] : les radiations ionisantes diminuent la stabilité ou coagulent les colloïdes chargés positivement; elles ont un faible effet stabilisant ou pas d'effet sur les colloïdes négatifs. Nous tenons à souligner que ce n'est pas une opinion générale [3] et que cette conclusion n'est très probablement pas valable dans tous les cas.

Nous l'avons cependant vérifiée dans les expériences préliminaires d'irradiation de solutions colloïdales de cuivre (chargé positivement), d'argent et d'or (négatifs), préparés par la méthode de Bredig. Nous avons utilisé comme sources de rayonnement : 1° 20 ou 400 millicuries de $RaBr_2$ (émission γ); 2° 600 millicuries de $RaBr_2 + Be$ ($\gamma +$ neutrons); 3° neutrons rapides et lents produits au cyclotron du Collège de France (réaction $D + Be$). L'évolution de la stabilité des solutions a été suivie périodiquement par des mesures de la densité optique à l'aide d'un photocolorimètre Klett-Summerson.

Sans attribuer à nos résultats un caractère quantitatif, nous pouvons en tirer les conclusions suivantes :

1° Les micelles de cuivre coagulent dans tous les cas après une durée d'irradiation diminuant avec l'augmentation de la dose.

2° L'argent colloïdal est dans la plupart des cas stabilisé. L'effet est d'autant plus prononcé que la stabilité initiale est plus faible.

3° Nous avons observé que la stabilisation initiale de ce colloïde est suivie parfois par sa diminution, notamment dans les irradiations par neutrons. Le comportement de l'or colloïdal semble être analogue, mais l'effet est moins net étant plus faible dans un sens ou dans l'autre. Ces résultats confirment le changement périodique de stabilité, en fonction de la dose, que Crowther

(1) *Phil. Mag.*, 4, 1927 p. 323; Crowther, *ibid*, 7, 1929, p. 86.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1020.

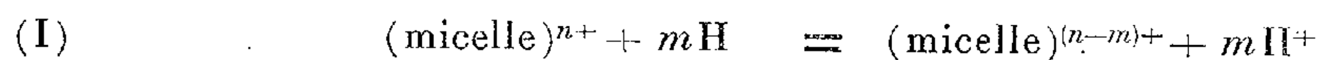
(3) *Voir*, par exemple, Annetts, *J. Phys. chem.*, 39, 1935, p. 509; Nordensen, *Thèse*, Upsala, 1914.

et al. ([4]) avaient déjà observé sur les solutions colloïdales de graphite, d'or, etc.

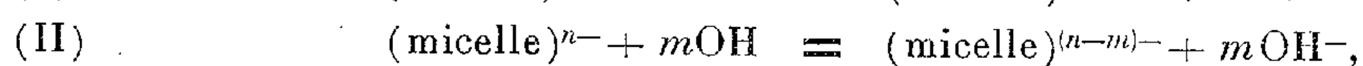
4° La stabilisation de l'argent colloïdal est souvent précédée d'une période d'induction (une dizaine d'heures pour la source de 400 millicuries), pendant laquelle on ne note pratiquement pas de changement appréciable.

Le comportement différent des colloïdes positifs et négatifs n'a pas trouvé jusqu'ici une explication satisfaisante. Il est naturel de penser que les actions des radiations sur les solutions colloïdales, généralement très diluées, soient indirectes et qu'elles se produisent par l'intermédiaire des radicaux libres du solvant, comme on l'admet actuellement pour les effets d'oxydo-réduction.

Si cependant on considère les processus de transfert :

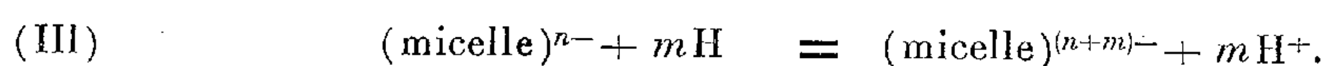


$$\text{(I)} \qquad (\text{micelle})^{n+} + m\text{H} = (\text{micelle})^{(n-m)+} + m\text{H}^{+}$$



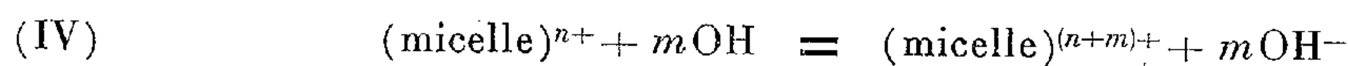
$$\text{(II)} \qquad (\text{micelle})^{n-} + m\text{OH} = (\text{micelle})^{(n-m)-} + m\text{OH}^{-},$$

on devrait observer toujours une coagulation, indépendamment du signe de la charge. On pourrait alors penser que la réaction (II) n'est pas efficace et doit être remplacée par :



$$\text{(III)} \qquad (\text{micelle})^{n-} + m\text{H} = (\text{micelle})^{(n+m)-} + m\text{H}^{+}.$$

Cette supposition, peu probable en elle-même, est contraire à la conclusion très nette qu'on tire des expériences radiochimiques ([5]), à savoir que les radicaux OH sont bien plus efficaces que les atomes H. Il est, enfin, facile de voir que la substitution de la réaction (I) par :



$$\text{(IV)} \qquad (\text{micelle})^{n+} + m\text{OH} = (\text{micelle})^{(n+m)+} + m\text{OH}^{-}$$

n'est pas satisfaisante, puisqu'on devrait alors avoir une stabilisation des colloïdes positifs et une diminution de stabilité des colloïdes négatifs. Nous sommes ainsi amenés à admettre que les radicaux OH réagissent d'abord avec les constituants de la solution et de la couche double, ions ou molécules, en se transformant en ions OH^{-}. Ceux-ci provoquent ensuite des modifications de la couche double, analogues à celles qu'on observe par l'addition d'un électrolyte dont l'anion est fortement adsorbable : diminution de stabilité de micelles positives, stabilisation de micelles négatives. On comprend alors que si la stabilité initiale de ces dernière est déjà assez grande et, surtout, si elle est due aux ions OH^{-}, l'effet des irradiations soit faible ou nul. De même, cette action

---

([4]) CROWTHER et LIEBMANN, *Nature*, **140**, 1937, p. 28; **143**, 1939, p. 598; CROWTHER, LIEBMANN et JONES, *Phil. Mag.*, **26**, 1938, p. 120; GRAY, READ et LIEBMANN, *Brit. J. Radiol.*, **4**, 1941, p. 102.

([5]) HAÏSSINSKY et LEFORT, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1156; *J. Chim. Phys.*, **48**, 1951, p. 209; *voir* aussi HAÏSSINSKY et MAGAT, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 954.

ne s'exercerait que si les ions OH^- pouvaient se substituer à d'autres ions de la couche double, moins adsorbables. Elle varierait donc considérablement avec les conditions du milieu et la méthode de préparation.

Cette interprétation met en évidence le rôle considérable de la nature spécifique des ions stabilisants ou coagulants.

RADIOCHIMIE. — *Sur la décomposition par les rayons X de solutions diluées d'eau oxygénée.* Note de M. **Marc Lefort**, présentée par M. Frédéric Joliot.

MM. Haïssinsky et Magat [1] ont récemment proposé un nouveau mécanisme de formation de radicaux libres et d'hydrogène moléculaire à partir des ions produits dans l'eau soumise aux rayonnements ionisants. Les résultats de nos expériences sur la décomposition de l'eau oxygénée par les rayons X (en l'absence d'oxygène) semblent apporter un appui à cette hypothèse.

Nous avons irradié des solutions de concentration variant entre 10^{-6} et 10^{-3} M, et procédé à la fois au dosage de H_2O_2 restant et à la mesure des quantités de gaz dégagées. L'eau oxygénée, qui doit être très pure, a été obtenue soit en irradiant de l'eau aux rayons X, soit à partir d'une solution spécialement préparée. (Les solutions commerciales contiennent généralement des sels-tampons : phosphates, borates, etc.) Comme Risse [2] et Fricke [3] l'ont déjà montré, le rendement de la décomposition croît avec la concentration initiale en H_2O_2 et varie avec l'intensité de l'irradiation [4].

Cependant, contrairement aux résultats de Fricke [3], nous avons trouvé de l'hydrogène, bien qu'en faible quantité [5]. La formation de ce gaz croît proportionnellement à la dose totale, du moins tant que celle-ci n'est pas trop importante : quand la quantité d'hydrogène accumulée devient plus grande, le rendement baisse légèrement. Il ne dépend ni de la concentration en H_2O_2, (c_0), ni des conditions d'irradiation (présence ou absence de faibles quantités d'oxygène, de KBr ou de KI, variation de l'intensité) qui affectent la décomposition de H_2O_2.

Toute différente est l'évolution de l'oxygène, liée à la décomposition de l'eau oxygénée. Elle croît avec les facteurs qui augmentent celle-ci (c_0, KI, KBr, etc.). Cependant le rapport de l'oxygène formé à l'eau oxygénée détruite n'est pas constant : il passe de 0,5 pour les solutions 10^{-3} M à 1 pour les très diluées; dans ce domaine les rendements G_{H_2}, G_{O_2} et $G_{(-H_2O_2)}$ sont alors très voisins les uns des autres.

---

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 954.

(2) *Z. Phys. Chem.*, A, **140**, 1929, p. 133.

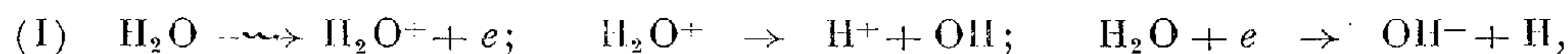
(3) *J. Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 364.

(4) Nous reviendrons sur l'étude de l'influence de la concentration et de l'intensité.

(5) E. Johnson (*J. Chem. Phys.*, **19**, 1951, p. 1204) a également observé la formation de H_2.

Nous reviendrons ailleurs sur la signification de la variation de ce rapport et nous nous limitons ici à insister sur le phénomène le plus important décelé par la mesure des gaz produits : *la production d'hydrogène est indépendante de l'action du rayonnement sur le corps dissous*, H_2O_2.

Si l'on admet comme le seul possible le schéma habituel :

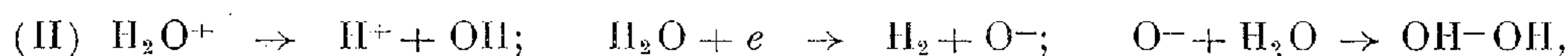


(I) $H_2O \rightsquigarrow H_2O^+ + e$; $H_2O^+ \rightarrow H^+ + OH$; $H_2O + e \rightarrow OH^- + H$,

il semble difficile d'expliquer pourquoi la combinaison $H + H = H_2$ n'est pas affectée par les variations de H_2O_2. On devrait s'attendre à ce que les atomes H, comme les OH, agissent plus ou moins intensément sur le corps dissous.

Déjà en d'autres occasions les effets chimiques du rayonnement sur certains corps dissous ont été expliqués par l'action des OH [6], tandis que l'inertie des atomes H donnant lieu seulement à la formation de H_2 paraissait anormale.

Le mécanisme proposé par MM. Haïssinsky et Magat lève cette difficulté :



(II) $H_2O^+ \rightarrow H^+ + OH$; $H_2O + e \rightarrow H_2 + O^-$; $O^- + H_2O \rightarrow OH^- OH$,

puisqu'il produit H_2 directement.

En admettant, comme ces auteurs, que (I) et (II) peuvent avoir lieu, le rendement de la formation de H_2 par le mécanisme (II) ne dépendra que des probabilités respectives de (I) et (II).

On peut envisager encore une troisième possibilité, qui conduit également à H_2 et OH :



(III) $H_2O^+ \rightarrow H^+ OH$; $H^+ + H_2O \rightarrow H_3O^+$; $H_3O^+ + e \rightarrow OH + H_2$.

L'évolution de l'hydrogène dépendrait alors de façon sensible du pH. Des expériences doivent être faites dans ce sens pour savoir si cette hypothèse doit être retenue. Pour la décomposition de H_2O_2 entreraient alors en jeu les OH produits en (II) (ou III) et en (I), et les H produits en (I).

La baisse du rendement de H_2 quand la dose totale devient importante est probablement due à la réaction $H_2 + OH \rightarrow H + H_2O$ que nous avons déjà invoquée dans l'étude de la décomposition de l'eau par les rayons α. Elle explique, d'autre part, pourquoi la décomposition de H_2O_2 est plus rapide dans une atmosphère d'hydrogène [7], les radicaux H ainsi produits se comportant comme des initiateurs de chaîne : $H_2O_2 + H \rightarrow OH + H_2O$, etc.

Ainsi la dissymétrie des actions des OH et des H, signalée pour la première fois par Haïssinsky et Lefort [8], proviendrait d'une dissymétrie de la production même de ces radicaux.

---

[6] Par exemple : M. Haïssinsky et M. Lefort, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1156; *J. Chim. Phys.*, **47**, 1950, p. 588; **48**, 1951, p. 368.

[7] W. J. Toulis, *U. C. L. R.*, n° **583**, 1950.

[8] M. Haïssinsky et M. Lefort, *loc. cit.*

CHIMIE MINÉRALE. — *Peroxydation spontanée de l'amalgame de potassium par l'air sec.* Note de M. **Émile Rinck** et M[lle] **Yvette Chassain**, présentée par M. Louis Hackspill.

Maintenu à température ordinaire dans une atmosphère d'air ou d'oxygène sec, l'amalgame de potassium liquide se peroxyde en donnant K_2O_4 qui oxyde à son tour une certaine quantité de mercure à l'état d'oxyde mercureux Hg_2O.

On sait que les alcalis caustiques se préparent par décomposition par l'eau des amalgames alcalins obtenus par électrolyse de la solution du chlorure.

Lorsque l'on abandonne un amalgame alcalin à l'air il se recouvre d'une couche blanchâtre, composée principalement d'hydroxyde et de carbonate. La réaction se poursuit lentement jusqu'à transformation totale du métal alcalin.

Toutefois, dans le cas de l'amalgame de potassium maintenu en flacon bouché incomplètement rempli, la réaction est différente. La pellicule superficielle blanche ne tarde pas à devenir grise, puis noire. Lorsque l'amalgame est entièrement décomposé, une agitation du flacon permet de rassembler les croûtes formées qui se présentent alors sous forme d'un magma noir renfermant beaucoup de mercure. Au contact de l'eau, la masse donne un violent dégagement gazeux. Ce gaz est de l'oxygène pur. Le résidu est constitué par une poudre vert foncé, rassemblée à la surface du mercure. Nous avons déterminé la formule du peroxyde et la composition du produit pulvérulent à l'aide des essais suivants :

Préparation. — 15 à 20 cm^3 d'amalgame de potassium préparé par électrolyse d'une solution de potasse pure et titrant environ 2/1000[e] de K, sont placés dans des flacons à bouchon rodé non graissé, remplis d'air ou d'oxygène sec. Les flacons sont agités une fois par jour et, au besoin, on procède au renouvellement de l'atmosphère gazeuse. Après oxydation complète, le contenu du flacon est soumis à l'analyse.

Analyse. — Le flacon contenant le produit est mis en communication avec une burette à gaz. On introduit peu à peu 10 cm^3 d'eau et l'on mesure le volume d'oxygène dégagé. Le résidu est filtré à travers un creuset de Gooch en verre fritté G_3 taré qui, sous vide, laisse passer la solution de potasse et la majeure partie du mercure, mais retient la poudre verte. On lave à l'eau jusqu'à disparition de la réaction alcaline, puis on titre la solution par ClH $n/10$. On en déduit la formule du peroxyde contenu dans le flacon.

Dans toutes nos expériences, cette formule oscillait entre $K_2O_{3,2}$ et $K_2O_{3,6}$.

La poudre résiduelle, d'une belle couleur vert olive, reste mélangée à un peu de mercure. Elle se dissout instantanément et sans dégagement gazeux dans NO_3H $n/1$ qui n'attaque que très lentement le mercure métallique. La solution donne les réactions des sels mercureux à l'exclusion de toute autre.

De plus, en chauffant la poudre verte soigneusement séchée sur P_2O_5, on observe un changement de teinte au jaune rouge suivi d'une décomposition totale avec dégagement d'oxygène et condensation de mercure.

Nous avons essayé d'isoler le produit vert en éliminant l'excès de mercure par distillation dans le vide à basse température. Pour cela le creuset de Gooch, contenant le produit, est placé dans un tube dans lequel on fait le vide.

Chauffé pendant plusieurs jours à une température inférieure à 50° C, la totalité du mercure en excès distille dans les parties froides de l'appareil alors que le résidu prend une belle teinte ocre. L'analyse montre qu'il est constitué par HgO pur.

Ces expériences permettent de conclure que la poudre verte est l'oxyde mercureux Hg_2O.

Conclusions. — Les résultats obtenus montrent que l'amalgame de potassium se peroxyde spontanément à l'air sec. Le peroxyde primitivement formé semble être K_2O_4.

En effet, si l'on additionne à l'oxygène peroxydique dégagé au contact de l'eau celui combiné au mercure sous forme de Hg_2O, la formule du peroxyde se rapproche sensiblement de K_2O_4 sans toutefois l'atteindre. La petite différence, de l'ordre de 0,2 oxygène, peut être mise au compte d'un début de décomposition due à l'humidité.

Dans ces conditions, on peut admettre que la réaction de peroxydation se déroule en deux temps : dans le premier, le potassium de l'amalgame est oxydé à l'état de K_2O_4; dans le deuxième, K_2O_4 oxyde à son tour une certaine quantité de mercure à l'état de Hg_2O. La masse de mercure oxydé n'est ni dans un rapport simple, ni dans un rapport constant avec celle du peroxyde présent, ce qui rend improbable la formation d'un mercurate de potassium.

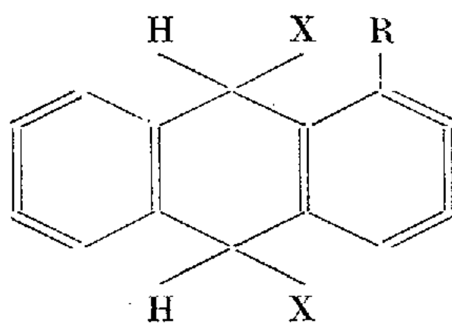
D'ailleurs, la quantité de Hg_2O formé croît avec le temps au détriment de la teneur en oxygène du peroxyde.

Nous étudierons ultérieurement le comportement des autres amalgames alcalins.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Considérations théoriques sur les réactions d'élimination des dérivés dihydrodisubstitués des molécules aromatiques.* Note (*)
de M. **Pierre Yvan**, présentée par M. Louis de Broglie.

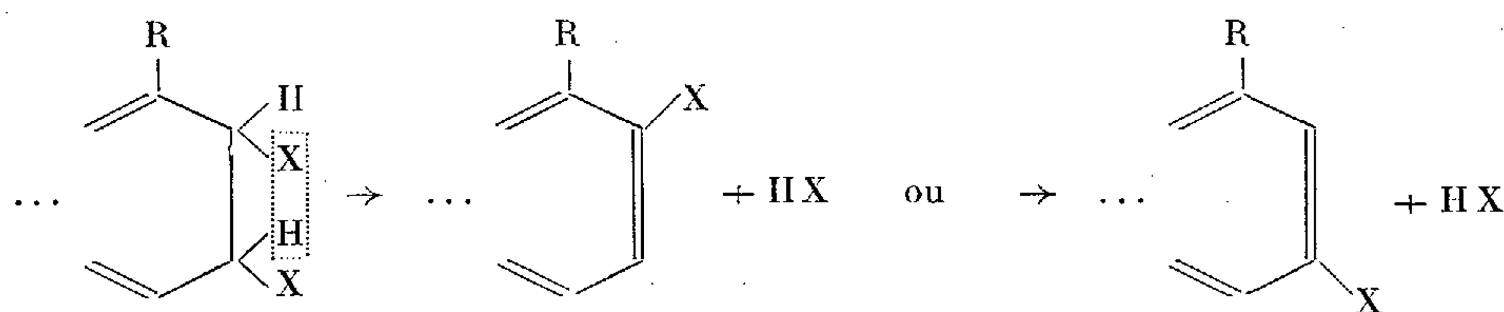
On examine par la méthode des orbitales moléculaires, l'hypothèse de G. M. Badger sur l'élimination de HX dans les dérivés dihydrodisubstitués des molécules aromatiques possédant un substituant, et l'on montre que le mécanisme de la réaction ne dépend pas directement de la structure du produit final. Les recherches dans ce domaine peuvent être orientées dans une nouvelle direction, en s'inspirant des travaux de D. H. R. Barton.

Dans un récent article ([1]), G. M. Badger a donné une interprétation des réactions d'élimination de HX par les dérivés dihydrodisubstitués des molécules aromatiques. Dans le cas où cette molécule possède en outre un substituant R, comme, par exemple,



la direction de l'élimination serait gouvernée, d'après cet auteur par le caractère électronique du substituant R, le produit final étant le dérivé méta si R oriente en méta (relativement aux réactifs électrophiles), et le dérivé ortho ou para, si, au contraire, R oriente dans ces directions ([2]).

Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'examiner cette hypothèse à l'aide des méthodes de la Mécanique Ondulatoire, et nous avons, à cet effet, calculé, dans l'approximation des orbitales moléculaires L. C. A. O. ([3]), les diagrammes correspondant aux produits finaux des réactions du type



(*) Séance du 5 novembre 1951.

([1]) *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 2497.

([2]) Les termes ortho, méta et para étant pris ici au sens large, ortho et para signifiant que les deux carbones substitués sont séparés par un nombre *pair* d'atomes, et méta qu'ils sont séparés par un nombre *impair* d'atomes.

([3]) *Voir* par exemple C. A. Coulson et H. C. Longuet Higgins, *Proc. Roy. Soc.*, A 191, 1947, p. 39.

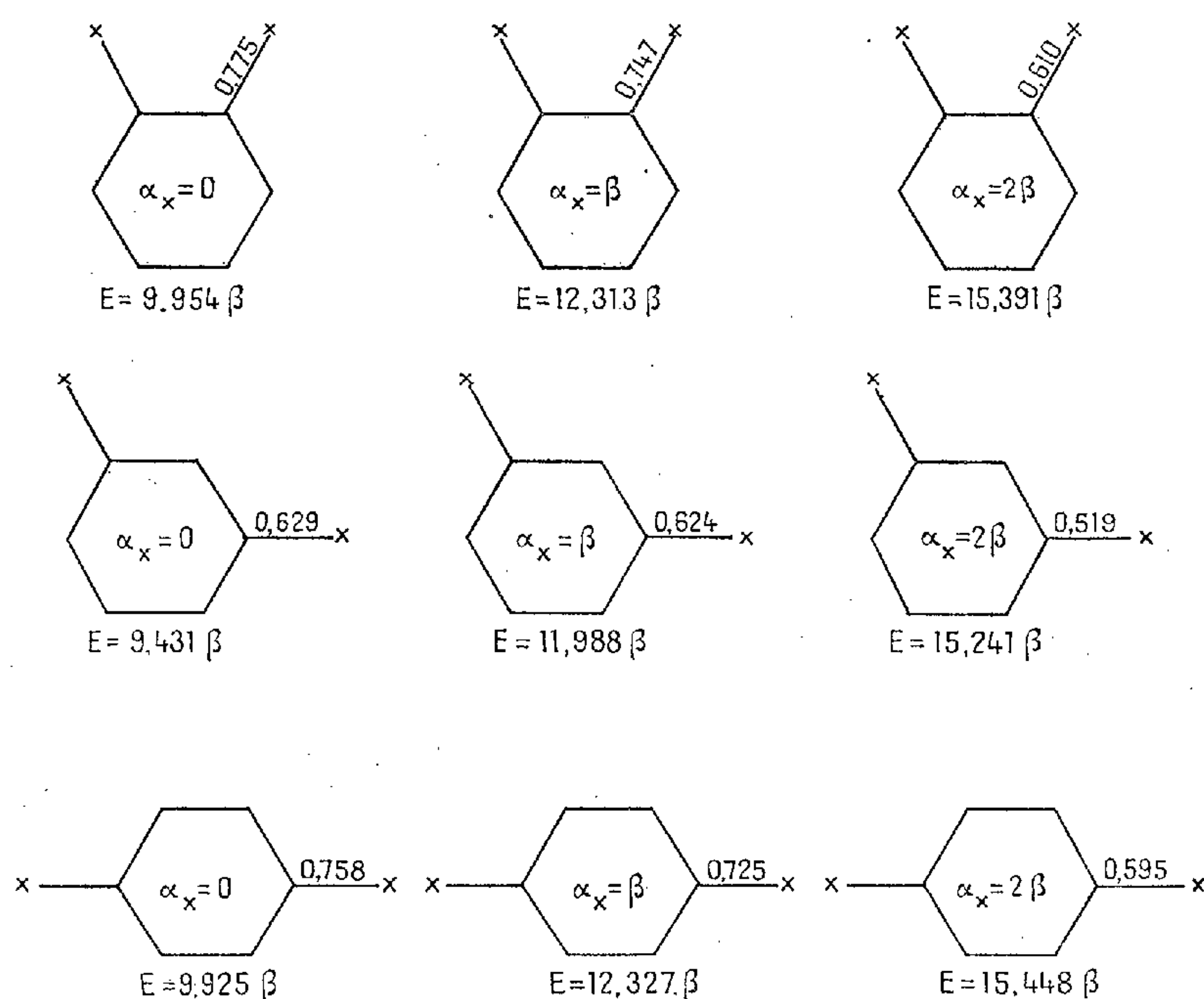


TABLEAU I. — Diagrammes des benzènes disubstitués (cas où le substituant X possède un électron π).

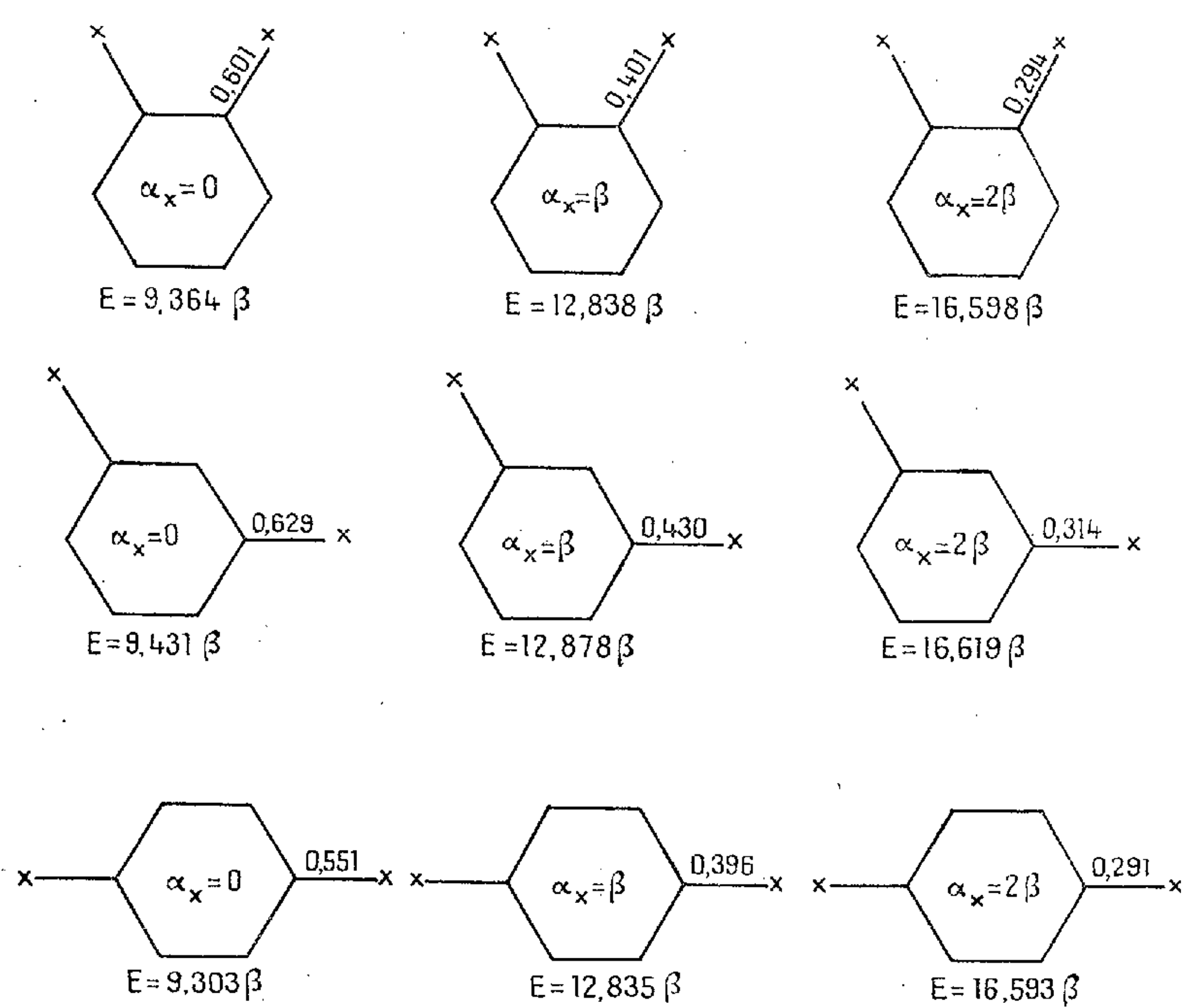


TABLEAU II. — Diagrammes des benzènes disubstitués (cas où le substituant X possède deux électrons π).

dans le cas des dérivés benzéniques, et en supposant que le substituant R est identique aux substituants X (ceci afin de simplifier les calculs). Nous avons consigné les résultats dans les tableaux I et II, suivant que le substituant X possède un électron π (substituant orientant en position méta) ou deux (et orientant alors en positions ortho, para).

On constate immédiatement que, quelle que soit la valeur du terme coulombien α_X du substituant : si celui-ci oriente en méta (tableau I), ce sont les dérivés ortho et para qui sont les plus stables, et qui possèdent le plus fort indice de liaison suivant les liaisons de substitution.

Tandis que s'il oriente en ortho, para (tableau II), ce sont les dérivés méta qui sont, cette fois, les plus stables, et qui présentent le plus grand indice pour les liaisons de substitution.

Cependant, les résultats expérimentaux semblent bien être en accord avec l'hypothèse de G. M. Badger. Il apparaît donc que le mécanisme de l'élimination dépendrait de facteurs ne faisant pas intervenir directement la structure de la molécule finale. Les travaux de D. H. R. Barton ([4]) sur la cinétique de l'élimination de HX des hydrocarbures substitués permettent d'envisager le mécanisme des réactions considérées ici sous un aspect différent, et c'est dans ce sens que nous allons poursuivre l'étude de cette question.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction des sels de pyridinium quaternaires par le borohydrure de potassium. Application à la préparation de l'arécoline et à la détermination de la structure des dihydrocodéhydrases.* Note M. **Jacques J. Panouse**, présentée par M. Marcel Delépine.

La réduction par BH_4K de l'iodométhylate du nicotate de méthyle en dérivé tétrahydrogéné correspondant constitue une nouvelle méthode de préparation de l'arécoline. Cette réaction a été étendue aux dérivés nicotiniques voisins et permet d'attribuer aux *o*-dihydropyridines β substituées, en particulier aux dihydrocodéhydrases, la structure II.

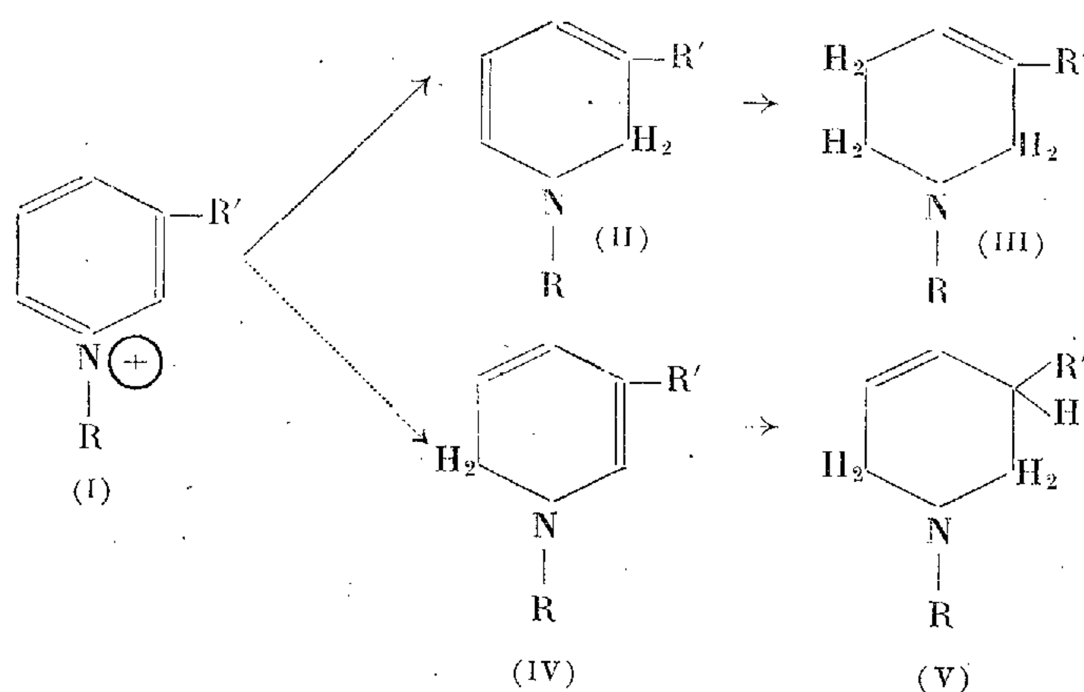
Dans une Note récente ([1]) nous avons montré que le borohydrure de potassium en solution aqueuse réduisait les sels de pyridinium quaternaires (I) en dérivés N-substitués de l'*o*-dihydropyridine (II) ou de la tétrahydropyridine (III), selon la nature des radicaux R et R'. Nous avons poursuivi ces recherches et soumis un certain nombre de sels de pyridinium à l'action réductrice de BH_4K dans des conditions très diverses. De cette étude nous avons pu dégager les conclusions suivantes : lorsque l'obtention du dérivé tétrahydrogéné est possible, une réduction effectuée en milieu fortement alcalin et à froid

([4]) *J. Chem. Soc.*, 45, 1945, p. 725 et *Trans. Farad. Soc.*, 46, 1950, p. 114.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 260.

favorise la formation du dérivé dihydrogéné, tandis qu'en milieu peu basique et à chaud on obtient principalement ou exclusivement le composé tétrahydrogéné.

Cette méthode de réduction, appliquée aux dérivés de l'acide nicotinique, a permis de préparer synthétiquement l'arécoline et l'arécaïdine. L'arécoline est l'alcaloïde principal de la noix d'arec; elle dérive de la 1.2.5.6.-tétrahydropyridine (III, $R = -CH_3$, $R' = -COOCH_3$); c'est l'ester méthylique de l'arécaïdine, également naturelle (III, $R = -CH_3$, $R' = -COOH$). La préparation synthétique de ces composés a fait l'objet de plusieurs Mémoires; mais à notre connaissance la réduction des sels de pyridinium correspondants, méthode *a priori* la plus simple, n'a pas été utilisée dans la pratique : en effet les rendements en dérivés tétrahydrogénés sont négligeables, quel que soit le réducteur utilisé (²). Aussi avons-nous pensé à appliquer les propriétés réductrices de BH_4K à l'iodométhylate du nicotate de méthyle (I, $R = -CH_3$, $R' = -COOCH_3$), sel de pyridinium correspondant à l'arécoline.



On opère la réduction en solution diluée et faiblement alcaline. Un excès de réactif (solution de BH_4K à 10 %) est ajouté rapidement, sans refroidir; puis on agite avec de l'éther sans peroxydes et l'on continue le plus vite possible les extractions à l'éther en saturant progressivement de soude la phase aqueuse. Il est indispensable d'opérer rapidement, sinon il se forme des complexes qui ne sont pas extractibles aux solvants et ne sont même pas décomposés lorsqu'on détruit l'excès de borohydrure par acidification; de plus le réactif doit être préparé extemporanément sinon la réaction évolue dans un sens différent. Le résidu obtenu après évaporation des solutions éthérées séchées est distillé sous vide; on recueille un liquide qui présente tous les caractères de *l'arécoline*; le rendement est de 32 à 36 % dans une opération bien conduite. A partir du produit distillé, encore légèrement impur (E_{15} 96-101°), on prépare un iodo-

(²) E. JAHNS, *Archiv der Pham.*, 229, 1891, p. 669.

méthylate, F 168° (de l'alcool; analyse : calculé pour $C_9H_{16}NO_2I$, C 36, 38, H 5, 43, N 4, 72, trouvé C 36, 65, H 5, 74, N 4, 95), et un bromhydrate (de l'alcool absolu) qui ne donne pas de dépression par fusion mélangée (177°) avec le bromhydrate de l'arécoline retirée de la noix d'arec (analyse, calculé pour $C_8H_{13}NO_2$, BrH : C 40, 67, H 5, 94, trouvé C 40, 65, H 5, 93).

Nous avons également réduit par BH_4K l'iodométhylate de l'acide nicotinique (I, R = — CH_3, R' = — COOH). Le produit de la réaction ne peut être extrait de la phase aqueuse par les solvants; il est précipité et purifié à l'état de reineckate; on décompose ce dernier par Cl_2Hg ([3]), et le chlorhydrate régénéré est traité par OHAg; puis la base est libérée par SH_2; on obtient ainsi un composé ayant tous les caractères de l'*arécaïdine* (produit hydraté, de l'alcool absolu, F 242°; analyse : calculé pour $C_7H_{11}NO_2$, OH_2, OH_2 11,31; trouvé 11,86; et en produit sec, calculé C 59,54, H 7,81; trouvé C 59,71, H 7,68).

Cette synthèse des alcaloïdes de la noix d'arec nous permet de fixer sans ambiguïté la structure des *o*-dihydropyridines substituées en 3 dans le noyau. En effet il existe une dernière incertitude sur la formule de ces composés. Sont-ils hydrogénés en 1.2 (formule II), ou en 1.6 (formule IV)? Tout récemment H. L. Bradlow et C. A. Vanderwerf ([4]) ont montré que le problème n'était pas résolu, et les travaux de W. Ciusa et G. Nebbia ([5]), non cités par ces auteurs, n'apportent pas non plus de preuve décisive en faveur de la structure 1.2.

Par contre la réduction des sels de pyridinium quaternaires par BH_4K permet d'opter pour la formule (II). En effet l'*o*-dihydropyridine formée dans la réaction subit le plus souvent une hydrogénation ultérieure en dérivé tétrahydrogéné; d'où les deux schémas possibles : (I)→(II)→(III) ou (I)→(IV)→(V), lorsqu'il y a un substituant en β dans le noyau. Or la réduction complète par BH_4K des iodométhylates de l'acide nicotinique, du nicotate de méthyle et de la nicotinamide a donné respectivement l'arécaïdine, l'arécoline et l'arécaïdinamide (F 152°), dont la structure est établie sans ambiguïté (formule III). De plus nous n'avons jamais pu mettre en évidence parmi les produits de réduction de composés ayant la structure (V). Donc seule la transformation (I)→(II)→(III) s'effectue et ceci impose la structure (II) pour l'*o*-dihydropyridine intermédiaire. D'autre part nous avons montré que la réduction des sels de pyridinium quaternaires par BH_4K ou par $S_2O_4Na_2$ conduisait aux mêmes *o*-dihydropyridines ([1]), On peut donc généraliser la réaction et attribuer à toutes les *o*-dihydropyridines β substituées, en particulier aux dihydrocodéhydrases, la structure (II).

([3]) J.-J. PANOUSE, *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, **16**, 1949, p. 594.

([4]) *J. Org. Chem.*, **16**, 1951, p. 73.

([5]) *Gazz. Chim. Italiana*, **79**, 1949, p. 526; **80**, 1950, p. 518.

MINÉRALOGIE. — *Sur la présence de la Montmorillonite dans le feldspath altéré de quelques granites du Centre de la France.* Note de M. **Charles Alexanian**, présentée par M. Charles Mauguin.

A. Il existe entre Saulzet-le-Chaud et Varennes, près de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme), en bordure de la route nationale 89, des carrières importantes de granite qui sont ouvertes à côté de la faille limitant vers l'Ouest le fossé Oligocène de la Limagne. Cette roche se désagrège sur place sous l'action des agents atmosphériques. J'ai étudié par la déshydratation et par la diffraction des rayons X son feldspath apparemment altéré, d'un blanc mat :

1° *Déshydratation* : Les discontinuités de la courbe enregistrée indiquent qu'on est en présence de deux nouveaux constituants *hydratés,* étrangers au feldspath sain :

a. La *Kaolinite* (palier de 450 à 550° C) avec un pourcentage approximatif de 35 % de la masse;

b. La *Montmorillonite* (palier de 670 à 730° C) avec une estimation de 45 % environ de la même masse.

Le reste se rapportant sans doute aux menus débris du quartz et du mica qui ne peuvent pas figurer *a priori* sur l'allure de la courbe de déshydratation.

2° *Diffraction* X : La même substance en poudre, examinée par oscillations sous incidence rasante jusqu'à 15° d'arc au moyen de l'appareillage Seemann, fournit les raies de diffraction suivantes :

Distance (en Å).	Intensité.	Nature.	(*pqr*).
14,98	Forte	Montmorillonite	001
10,10	Moyenne	Mica	001
7,18	Assez forte	Kaolinite	001
5,05	Très faible	Mica	002
4,46	Moyenne	Kaolinite	010
3,746	Très faible	Mica	–
3,578	Faible	Kaolinite	002
3,359	Assez forte	Quartz	–
3,211	Forte	Mica	–
2,997	Très faible	Montmorillonite	–
2,563	Faible	Kaolinite	100
2,412	»	»	003
2,220	Très faible	»	020
1,986	»	»	–
1,865	»	Quartz	–
1,789	»	Kaolinite	004
1,668	Faible	Quartz	–
1,498	»	Mica	–
1,480	»	Kaolinite	030

dont le dépouillement (colonne 3) confirme l'identification des minéraux argileux déjà révélée ci-dessus par la courbe de déshydratation.

Le produit ainsi examiné gonfle et se délite dans l'eau. Il est chimiquement activable et présente après activation acide, un pouvoir décolorant et adsorbant élevé comme la Montmorillonite typique du Camp-Berteaux (Maroc).

B. Il existe dans les galeries des Mines de Charrier, La Prugne, près de Mayet-de-Montagne (Allier), un microgranite à tendance rhyolitique, légèrement rosacé, quelquefois verdâtre ou jaune olive avec éléments de feldspath et des veinules de quartz. Cette roche, d'aspect sain et très dure, est jetée comme stérile sur le carreau de la mine. Soumise aux intempéries au cours de 10 ou 12 mois, elle se gonfle et se transforme sur place en une glaise terreuse. Le ruissellement de l'eau de la pluie entraîne et fait accumuler ailleurs ses particules les plus fines donnant lieu à de petits amas d'argile proprement dite.

J'ai examiné cette dernière comme précédemment. On constate que :

1° La roche intacte fournit un spectre X qui n'a aucune raie caractéristique d'éléments argileux; en particulier la raie (001) ou ses harmoniques;

2° Un premier échantillon d'argile couleur jaune donne le spectre X d'une phyllite à 15 Å (001), cette dernière avec une intensité très forte;

3° Un second échantillon d'argile couleur brune fournit par contre un spectre X indiquant la coexistence de deux sortes de phyllites, à 15 Å et à 7,28 Å, dans une proportion sensiblement équivalente. Il s'agirait là également des éléments argileux de Montmorillonite et de la halloysite/kaolinite.

C. On trouve enfin dans les arènes granitiques aux Olmes près de Gelles (Puy-de-Dôme), un feldspath altéré qui se délite dans l'eau avec gonflement comme une argile naturelle. Examiné d'abord par la déshydratation et ensuite par les rayons X comme précédemment, il se composerait de 50 % d'une phyllite à 7,3 Å et de 10 % seulement d'une autre à 15 Å. Les 40 % étant formés des débris non argileux (feldspath sain, quartz, mica, ...). On en tire par lévigation une argile naturelle à particules très fines.

Ainsi par ces quelques exemples concrets, pourrions-nous connaître encore mieux les conditions d'évolution du feldspath en éléments argileux.

GÉOLOGIE. — *Sur les péridotites de la Nouvelle-Calédonie.*

Note de M. **Pierre Routhier**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La cartographie des contours des péridotites et serpentines du versant Ouest de la Nouvelle-Calédonie entre la pointe d'Arama et le col de Boghen, fait apparaître deux comportements. Certaines sont « incluses » dans d'autres terrains et relativement harmoniques par rapport aux structures de ceux-ci. D'autres *reposent sur* (1) toutes sortes de terrains : sédimentaires

(1) Dès août 1946 et avril 1947, j'ai reconnu et cartographiquement démontré la disposition recouvrante, niée par Piroutet (*Thèse*, 1917, p. 248-259), mais exactement entrevue par Pelatan (1892), puis Glasser (1904). J. Avias (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1949, p. 441) semble d'ailleurs admettre cette disposition.

et volcaniques. Ce deuxième type est représenté par presque tous les grands massifs miniers du versant Ouest. Nous n'avons jamais pu observer une liaison certaine entre les appareils du deuxième type et ceux du premier. Il n'est donc pas prouvé que ceux-ci sont les conduits alimentateurs des masses recouvrantes. Les appareils du deuxième type ont été certainement beaucoup plus étendus à l'origine. Pour ne citer qu'un exemple, parmi beaucoup : les masses de la région d'Ouaco sont indubitablement les fragments d'une couverture péridotique anciennement continue. Ainsi une « couche » péridotique aurait recouvert une surface beaucoup plus considérable qu'aujourd'hui.

La surface de base des massifs péridotiques est, ou bien quasi plane et alors inclinée à environ 20° vers le Sud-Ouest, par exemple au Kopéto, au Koniambo, au Kaala, ou bien ployée en cuvette à rayon de courbure fort variable; par exemple au Mé Boa-Mé-Maoya, au Tiébaghi, au Poum. L'existence de certaines surfaces basales quasi planes et peu inclinées, donc franchement disharmoniques par rapport aux grandes structures de l'île ([2]) laisse à penser que certaines au moins de ces grandes masses sont postérieures au gros de l'orogénèse tertiaire qui a affecté le territoire néocalédonien. Et ceci nous suggère la possibilité d'épanchements ultramafiques.

La frappante contiguïté entre ces grands paquets péridotiques et les coulées sous-marines de basalte α, d'âge au moins pro-parte éocène, évoque aussi la même possibilité. Elle n'est cependant pas totale, le contact pouvant avoir lieu avec d'autres terrains (« formation à charbon », phtanites éocènes), mais elle n'est pas nécessaire dans l'hypothèse d'une nappe épanchée indépendante, postérieure aux basaltes. De toute façon on ne peut avancer de théorie génétique sans regrouper ces faits de façon cohérente.

Dans les contacts des masses péridotiques, nous ne voyons pas de passages « insensibles et transitionnels » ([3]). Lentilles ou filons quartzeux, gabbros, amphibolites, carbonatites rouges, roches chloriteuses à idocrase (dans les contacts avec les terrains métamorphiques) sont de simples transformations au contact, mais n'évoquent point une sorte de gangrène serpentineuse en cours de progression ([3]).

Le rubanement des péridotites peut être accompagné d'une architecture unissant l'orientation du réseau cristallin aux lignes directrices de la masse géologique; ainsi dans le minerai de la « Fantoche », la disposition des plans *a* de la chromite dans deux systèmes de plans parallèles et perpen-

([2]) Disharmonie bien visible, par exemple à l'angle Nord-Ouest du Bassin de Bourail et sur la route de la mine des « Pin-Pin », près de Poya.

([3]) *Cf.* J. Avias, *loc. cit.*, p. 439-451.

diculaires aux bords du corps chromifère très aplati. Un litage antérieur peut-il expliquer une telle architecture ? Et d'ailleurs les roches d'épanchement supposées remplacées (3) n'en montrent pas. Un « litage igné » ne peut prendre force d'argument que s'il s'accompagne d'un passage *latéral* à des terrains sédimentaires et c'est de cette observation au Bushveld que le beau Mémoire de S. Van Biljon (4) tire sa force. Une telle observation est encore attendue en Nouvelle-Calédonie.

Du point de vue géochimique on ne retrouve pas les témoins minéralogiques des migrations qu'impliquerait une thèse métasomatiste quelconque. Dans l'une de celles-ci (3) devrait être expulsé notamment de l'aluminium que nous ne retrouvons pas dans les volumes relativement infimes de roches feldspathiques visibles dans la plupart des massifs, ni à leur base, ni autour, ni dans du corindon, qui reste ici une curiosité minéralogique (5). Le seul recours reste qu'il ait totalement fui vers le haut, au-dessus de l'actuelle surface morphologique, nous libérant ainsi de la possibilité de le retrouver.

En admettant qu'une immense strate de roche carbonatée ou de roche effusive aurait recouvert l'île, en discordance, et que nos grands massifs seraient les produits du métasomatisme de cette strate, nous nous heurterions au fait que les roches les moins profondes seraient métasomatisées alors que leur substratum ne l'est pas. Ainsi, par exemple, l'Éocène néocalédonien contient des masses calcaires importantes et de petits lits de dolomies siliceuses qui ne montrent pas la moindre trace d'apparition de silicate magnésien.

L'hypothèse d'une formation par métasomatisme *sur place* ne s'appuie donc sur aucune base bien ancrée. Si une explication magmatiste n'explique pas tout, on peut néanmoins avancer que la formation des grandes masses péridotiques néocalédoniennes a eu lieu *pour le moins* sous faible couverture lithique. Sans doute fut-elle un « épanchement fissural massif » (6).

Quoi qu'il en soit, les faits d'observation ici relatés, notamment la *disposition recouvrante* et, avec les nuances exprimées plus haut, l'apparition *tardive* des péridotites dans l'histoire de la chaîne actuellement visible, sont assez originaux pour nous convier, tout en écartant l'apparente facilité

---

(4) *Tr. Geol. Soc. South. Africa*, 52, 1949, p. 1-175.

(5) Inversion adaptée de la remarque de Bowen (*Geol. Soc. Amer.*, 28, p. 79-90) relative au batholite granitique de Colombie britannique.

(6) *Voir* notamment J. H. Brunn, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 990 et la notion de « Vulcanopluton » ophiolithique (Routhier, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 192-194) confirmée par Th. A. F. Netelbeek (*Thèse Université d'Amsterdam*, 1951); enfin les remarquables observations de L. Dubertret, en Syrie (*Thèse*, 1951).

de certaines hypothèses, à réviser la généralisation du schéma classique de la succession des roches ignées lors d'un cycle orogénique [7].

GÉOLOGIE. — *Observations à propos d'une série bitumineuse dans le Paléozoïque d'Hazro* (*Anatolie sud-orientale*). Note M. **Jean Mercier**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Épousant au Sud les contours de l'arc des Iranides (Anti-Taurus), un anticlinal s'étend, sur plus de 100 km, du fleuve Batman à l'Est jusqu'au delà du Tigre à l'Ouest. Il n'est pas figuré sur la carte géologique de Turquie au 1/800 000e (1942).

Tectoniquement, le pli appartient à la zone des « Plis bordiers » (Nord des Plis internes de Arni, 1939). Dédoublé vers ses extrémités orientale où il se ferme, et occidentale, cet anticlinal, dont la couverture et les flancs sont formés par les calcaires et les grès du Miocène, se bombe progressivement vers sa partie centrale en laissant apparaître peu à peu, par le jeu de l'érosion, le substratum de la couverture miocène. Le bombement atteint son maximum d'amplitude à Hazro (80 km au Nord-Est de Diyarbakir) où, grâce à une boutonnière latérale ouverte au Sud, on peut toucher une série stratigraphique complète allant du Dévonien au Miocène.

En plus de cet intérêt, la région présente celui de montrer l'affleurement d'une série anciennement pétrolifère du type classique. Quatre horizons gréseux bitumineux, de puissance variable, montrant une stratification entrecroisée, possédant une porosité moyenne estimée à 15 %, alternent avec des niveaux argileux. Cette série a été reconnue à l'affleurement sur 5 km ; la puissance totale des grès bitumineux est de 15 m.

Les sédiments de cette série bitumineuse indiquent un faciès de mer épicontinentale avec des périodes de sédimentation active par suite d'apports par des courants (stratification entrecroisée des grès) alternant avec des périodes de sédimentation calme pendant la décantation des niveaux argileux. Ainsi, au point de vue sédimentaire, la série bitumineuse d'Hazro présente les caractères reconnus dans beaucoup de séries pétrolifères, c'est-à-dire des alternances de roches détritiques allant du grès à l'argile.

En un point (village d'Inberik), les grès bitumineux sont en relation avec une couche de houille affleurant avec 1 m d'épaisseur. Ce charbon examiné par la méthode de Duparque, se révèle très riche en microspores, peu en macrospores. Il est légèrement bitumineux (11 %).

---

(7) Nous avons donné une discussion préliminaire beaucoup plus nuancée de ces questions au VIIe Congrès Pacifique des Sciences (1949), dont les publications ne nous sont pas encore parvenues.

J'ai pu fixer l'âge permo-carbonifère de cette formation bitumineuse avec exactitude près de Hazro où elle est en relation avec un horizon calcaire contenant des Productidés et de rares Fusulines appartenant au genre *Paraschwagerina*. Très voisines, sinon identiques à *P. acuminata* D. et S., elles caractérisent les couches de passage du Carbonifère au Permien. De plus, la série bitumineuse est sous-jacente à des calcaires marneux organiques où pullulent des algues; on reconnaît, entre autres, des *Mizzia* et des *Gymnocodium* qui en font du Permien.

Devant les faits : faciès détritique des sédiments, existence d'un bios végétal important dans la mer permo-carbonifère indiqué par les microspores du charbon d'Inberik et par les algues des calcaires permiens représentant sans doute le reliquat d'une flore préexistante plus abondante, on peut considérer l'hypothèse que la série bitumineuse d'Hazro représente la roche-mère d'un pétrole. On conçoit, en effet que le bios végétal pullulant dans la mer, devenu l'élément des dépôts de la série argilo-gréseuse, a constitué un sapropel, ensuite détruit par la fermentation et transformé en huile. Des conditions particulières et locales ont déterminé la transformation du sapoprel en houille à microspores à Inberik.

A ceci s'ajoutent d'autres faits. Aucun horizon supérieur à la série bitumineuse ne contient d'hydrocarbures. On constate seulement des indices sous forme d'émanations hydrocarburées dans les grès jurassiques et dans les calcaires crétacés. Des indices d'asphalte très localisés, en relation avec des failles, se trouvent dans les conglomérats et les grès de l'Éocène inférieur. Envisager une roche-mère plus ancienne que le Permo-carbonifère se heurte au fait qu'il n'y a aucun indice d'hydrocarbures dans le Carbonifère et, dans le Dévonien dont les calcaires auraient pu jouer le rôle de roche-magasin.

Aussi, en l'absence de faits ou d'indices qui fassent considérer comme possible une imprégnation secondaire des grès bitumineux à la suite d'une migration de l'huile, j'estime qu'il existe un ensemble d'observations apportant suffisamment de présomptions pour regarder la série bitumineuse d'Hazro comme la roche-mère d'un pétrole qui s'est oxydé par la suite.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur quelques caractéristiques de la région* E *de l'ionosphère*. Note de MM. **Karl Rawer** et **Émile Argence**, présentée par M. Jean Cabannes.

Détermination des constantes caractéristiques de la région E, calcul des valeurs de la section efficace et du nombre de quanta correspondant à l'ionisation observée. Alternative entre les résultats numériques de Penndorf obtenus pour la dissociation de O_2 et l'hypothèse que la couche E soit formée par photoionisation de cette molécule.

1. Dans nos études sur l'absorption des ondes courtes par l'ionosphère nous

avons été conduits [1] à réexaminer, pour la résolution de certains problèmes de propagation, les comportements des régions D et E de l'ionosphère. Ces couches naissent par deux processus d'ionisation différents et nous avions supposé que la dissociation de l'oxygène moléculaire jouait un rôle fondamental dans la formation de la région E.

Nous avions admis pour loi de variation de la densité du constituant O_2 :

$$N' = N'_0 \, (1 - b'z)^{\frac{1}{b'h_0}} \tag{1}$$

(N'_0, densité à l'altitude de référence, z, altitude, b' et h_0, constantes, des modèles expérimentaux utilisés) et nous avions déterminé la loi de variation de la densité électronique N_e en supposant le rayonnement ionisant monochromatique. Pour les calculs de base nous avions utilisé les valeurs $b' = 0{,}05\ \text{km}^{-1}$, $h_0 = 8$ km correspondant aux calculs de Penndorf [2]. Les résultats de cette analyse ne semblent pas conformes à l'ensemble des observations ionosphériques. Celles-ci donnent une altitude du maximum égale à 125 ± 5 km et une épaisseur de l'ordre de 50 km; le modèle de Penndorf conduit à une altitude trop basse de la région ionisée : altitude 110 km, épaisseur 25 km.

2. Pour obtenir une meilleure adaptation de notre modèle à l'ensemble des mesures, nous avons changé les constantes b' et h_0 et effectué le calcul avec quatre valeurs différentes de h_0 : $h_0 = 20$; $12{,}5$; $8{,}3$; 5. Pour b' nous adoptons la valeur $0{,}02$ afin que la limite supérieure de l'ionisation soit située suffisamment haut. La section efficace σ [3] a été calculée de manière que le maximum d'ionisation soit obtenu à 125 km conformément aux observations.

La formule (1) ne s'applique que dans la région de la dissociation de la molécule O_2; pour les altitudes inférieures nous supposons une variation linéaire de la température [1] en accord avec les mesures effectuées par V2. Les conditions de continuité aux limites entre ces deux régions sont assurées par un choix convenable de l'altitude. Les deux premières valeurs de h_0 nous conduisent à des épaisseurs voisines des épaisseurs déduites de l'expérience, soient 45 et 30 km, la première étant plus proche de la réalité. Nous avons donc conservé ces deux valeurs pour la suite.

3. Nous obtenons alors les valeurs suivantes de la section efficace :

$$\sigma = 1{,}36 \, . \, 10^{-22}\ \text{m}^2; \qquad \sigma = 2{,}65 \, . \, 10^{-22}\ \text{m}^2,$$

résultats comparables à ceux de Nicolet [4] donnant $10^{-20}\ \text{m}^2$ pour un processus présumé de préionisation ($\lambda < 1000$ Å), et $10^{-24}\ \text{m}^2$ pour le premier

---

(1) E. ARGENCE, M. MAYOT et K. RAWER, *Ann. Géophys.*, **6**, 1950, p. 242-285.

(2) *J. Géophys. Res.*, 54, 1949, p. 7.

(3) Il s'agit ici de section efficace concernant la photoionisation.

(4) *Rapport de la première réunion de la Commission de l'ionosphère*, 1950, Bruxelles, p. 29.

potentiel d'ionisation correspondant au niveau $X^2\Pi_g(\lambda < 1020\,\text{Å})$. Les valeurs ainsi déterminées de σ permettent d'évaluer le nombre de *quanta* correspondant à l'ionisation observée et nous trouvons, avec le coefficient de recombinaison $\alpha(E) = 10^{-14}\,m^3.s^{-1}$, respectivement

$$Q_\alpha = 2,4.10^{-12}\ m^{-2}.s^{-1} \quad \text{et} \quad Q_\infty = 0,9.10^{-12}\ m^{-2}.s^{-1} \quad (Q_\alpha \text{ nombre de quanta}).$$

4. Les résultats résumés dans le deuxième paragraphe correspondent à une région de dissociation de la molécule O_2 située entre 125 et 150 km, pour le premier cas, et entre 117 et 150 km pour le second cas. La région de transition se trouve à une altitude nettement supérieure à celle trouvée par Penndorf.

Ainsi, si nous imputons l'origine de la région E à la dissociation de O_2, les résultats de Penndorf ne semblent pas convenir parfaitement. D'autre part cet auteur suppose un rayonnement solaire correspondant à une température de 5300°K dans l'ultraviolet; or, les récentes mesures effectuées par V2 donnent des valeurs de température de couleur nettement inférieures. De telles diminutions de température élèvent l'altitude de la région de dissociation. La recombinaison moléculaire par choc triple proposée par Penndorf ne paraît pas *a priori* préférable à une recombinaison avec émission d'un quantum. *Nous pouvons en conclure, soit que la dissociation de* O_2 *se produise à une altitude plus élevée que celle proposée par Penndorf, soit que le processus d'ionisation ne fasse pas appel à la dissociation de la molécule* O_2. Dans ce dernier cas un processus d'ionisation par rayonnement X semble probable ([5]).

5. Les modèles de couches ainsi déterminés seront utilisés prochainement pour le calcul de l'absorption des ondes courtes dans la région E d'après les méthodes exposées dans un travail antérieur ([1]).

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le déplacement anormal de certains échos de pluie.* Note (*) de M. **Roger Lhermitte**, présentée par M. Pierre Lejay.

Les échos de pluie apparaissant sur l'écran panoramique d'un radar centimétrique sont enregistrés périodiquement à l'aide d'un appareil cinématographique. L'accélération du mouvement obtenu à la projection, permet l'observation de l'évolution de ces échos et la constatation du déplacement anormal de certains d'entre eux.

On sait que la pluie donne lieu à l'apparition d'échos sur l'écran d'un radar centimétrique. Avec l'indicateur panoramique utilisé on obtient une représentation suivant un plan horizontal des échos, donc des pluies correspondantes.

L'enregistrement périodique de ces images sur film standard de 16 mm (5 images: mn) à l'aide d'un appareil de prises de vues cinématographiques et

---

([5]) Hoyle et Bates, *Terr. Magn.*, 1948, p. 51.

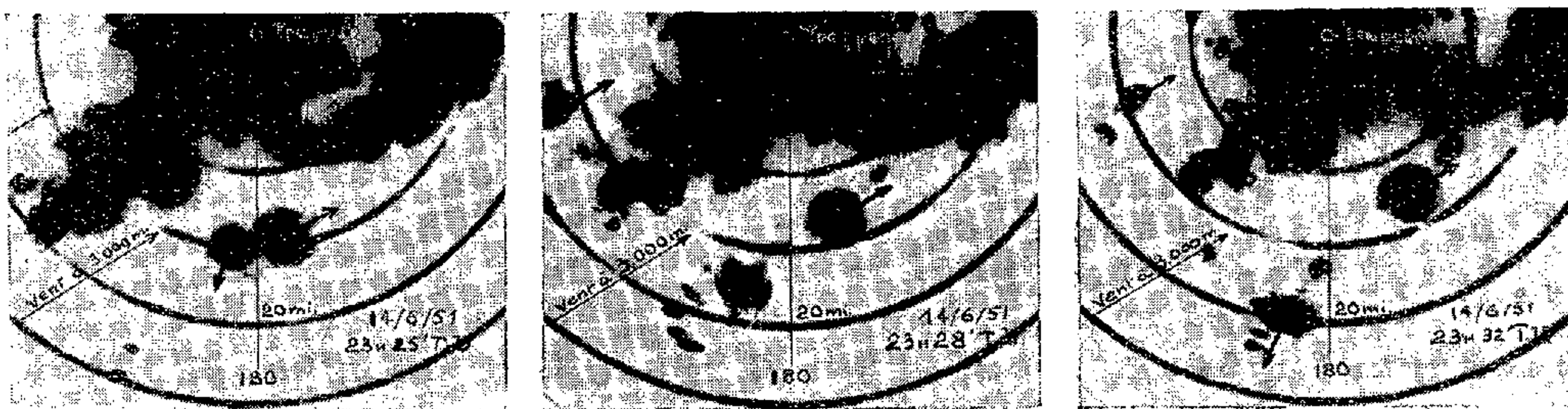
(*) Séance du 29 octobre 1951.

leur projection à cadence normale (16 images: s) permettent, grâce à la continuité et à l'accélération du mouvement obtenu, des constatations intéressantes sur le déplacement et l'évolution des échos au cours du temps. Des enregistrements continus d'averses orageuses pendant plus de 10 h consécutives, ont permis de mettre en évidence un déplacement d'ensemble des précipitations avec une direction et une vitesse très voisines de celles que donnent les déterminations de vent au-dessus de la couche turbulente, calculées à partir des sondages aérologiques correspondants à la station météorologique de Trappes.

Par contre au cours de nombreux enregistrements obtenus pendant des situations orageuses, dont certaines nocturnes, nous avons observé le déplacement d'échos dans une direction totalement différente de celle du vent. Le plus souvent ce déplacement, d'allure continue, s'effectuait dans la direction opposée. La forme de ces échos était analogue à celle des autres échos de pluie (dimension, mobilité, aspect quelquefois « floconneux ») et très différente de celle des échos terrestres observés au cours de telles situations par une portée anormalement élevée du radar.

La détection à faible distance de certains de ces échos, avec un faisceau d'exploration faisant dans sa partie supérieure un angle de 3° sur l'horizontale permet de les situer au voisinage du sol; de sorte que si ces échos sont causés par une réflexion sur des gouttes d'eau, on doit conclure qu'il s'agit d'une pluie atteignant le sol. Malheureusement, comme le dépouillement s'effectue *a posteriori* lors de la projection cinématographique, il n'a pas été possible de vérifier directement l'exactitude de ce raisonnement.

Parmi les enregistrements qui ont permis de constater ce phénomène, nous avons choisi trois situations orageuses pendant lesquelles le déplacement normal des échos était particulièrement bien organisé.



Exemple de déplacement anormal d'un écho.
Cercles espacés de 5 milles marins.

Pour ces situations le diagramme de vent obtenu d'après les sondages aérologiques de la Station de Trappes indiquait une rotation assez faible du vent dans les basses couches et une stabilisation après 1 000 à 2 000 m. Les résultats obtenus sont portés dans le tableau.

Date.	Sondage du vent. Altitude (m.)	Direction par rapport au Nord (degrés).	Vitesse (m/sec).	Propagation générale des pluies. Direction.	Vitesse (m/sec).	Propagation anormale Direction.	Vitesse (m/sec).
28 mai 1951	sol	180	04	215	10,5 à 12,5	075	10,5
	1 000	210	11			043	10
	3 000	220	12			065	14,5
	5 000	220	12				
14-15 juin 1951	sol	180	04	240	15,5 à 18	015	18
	1 000	240	15			015	17
	3 000	240	18				
	5 000	250	19				
27 juin 1951	sol	260	04	280	12 à 14	010 à 020	09
	1 000	270	08			160	07
	3 000	280	14				
	5 000	280	24				

D'après ces résultats et le déplacement d'ensemble des échos de pluie observé lors de la projection des films il semble que les formations nuageuses se déplacent à la vitesse et dans la direction du vent au-dessus de la couche turbulente. Comme on sait d'autre part que les nuages ont des dimensions beaucoup plus grandes que celles de l'averse elle-même, les anomalies de propagation que nous avons constatées indiqueraient qu'il existe, dans certains cas, à l'intérieur des nuages, un déplacement de la zone pluvieuse pouvant être quelquefois de quelques dizaines de kilomètres et extrêmement rapide (jusqu'à plus de 100 km : h).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Biologie des herbiers de Zosteracées des côtes françaises de la Méditerranée.* Note de MM. **Roger Molinier** et **Jacques Picard**, présentée par M. Louis Fage.

A la suite de plongées effectuées sur toute la longueur des côtes françaises de la Méditerranée dans la zone des herbiers de *Posidonia oceanica* ou de *Cymodocea nodosa,* nous exposons ici nos résultats concernant la biologie de ces Phanérogames marines.

A. *Conditions d'installation des herbiers de* Posidonia. — Les Posidonies et les Cymodocées sont des Phanérogames et exigent un humus. Sur de grandes étendues sableuses on observe l'installation des *Cymodocea* dans de légères dépressions où se sont déposés des débris organiques; à partir de celles-ci, les *Cymodocea* envahissent toute la surface sableuse et en assurent l'humidification en retenant les débris organiques. Des boutures de *Posidonia* s'enracinent parmi les *Cymodocea* pour donner des touffes qui élimi-

neront totalement, par extension latérale, les *Cymodocea*. Sur replats rocheux, l'herbier s'installe par le même processus lorsqu'il y trouve un sable humifère résultant d'un peuplement algal dense qui a retenu des éléments minéraux apportés par l'eau. D'autre part, des boutures de *Posidonia* accidentellement retenues dans des fentes de rochers remplies de matériel détritique peuvent y prospérer.

B. *Évolution des herbiers de* Posidonia. — En traversant le dense feuillage des *Posidonia*, les courants y abandonnent nombre de particules minérales qu'ils transportent; les *Posidonia* réagissent à l'ensablement par croissance verticale du rhizome; la vitesse de cette croissance dépend donc du matériel apporté par les courants. Il s'ensuit une élévation lente du sol pouvant atteindre plusieurs mètres; des coupes à travers ces dépôts sableux consolidés par les parties mortes des rhizomes (« matte » des pêcheurs) montrent la continuité de ceux-ci de la base au sommet de ces formations. La croissance verticale des rhizomes ne dépassant guère quelques millimètres par an, la longévité des Posidonies est donc très supérieure à celle des végétaux terrestres.

C. *Disparition des herbiers de* Posidonia. — 1. Dans les fonds de —10 à —30 m, l'herbier est dense et homogène, sauf au voisinage des ports ou des estuaires.

2. Entre — 10 et —1 m, l'élévation des mattes a abouti à soumettre leur partie superficielle à l'action des courants côtiers et du ressac, d'où possibilités d'érosion, comme par exemple :

a. Des amas de galets dans de légères dépressions de la matte provoquent de véritables marmites dont le creusement finit par s'arrêter et dont le fond se remplit de sable pur; nous nommerons ces formations « intermattes »; les surfaces circulaires dynamitées, dépourvues de toute vie, sont érodées par la mer, d'où formation de dépressions identiques;

b. Lors de l'élévation des mattes, il y a réduction de l'espace où circulent les masses d'eau des courants côtiers; ceux-ci augmentent donc de violence, ce qui provoque un lessivage de la surface de la matte entraînant la mort des *Posidonia*, faute d'humus, et exposent la partie sous-jacente à une forte érosion, d'où formation de « chenaux-intermattes » orientés dans le sens des courants dominants.

3. A toucher la côte et principalement dans les baies, l'élévation des mattes peut porter leur niveau supérieur à moins d'un mètre sous le zéro :

a Régions soumises à une forte action du ressac — Les feuilles mortes des *Posidonia* et les débris organiques sont rejetés à la côte où ils forment de véritables « banquettes »; la surface des mattes est soumise à un intense délavage entraînant le dépérissement (espacement des touffes, faible développement des feuilles), puis la mort des *Posidonia* par suite de l'enlèvement du sol; ensuite la matte s'érode en donnant des intermattes plus

ou moins circulaires qui se rejoignent en chenaux, les dernières *Posidonia* subsistant sur les flancs de la matte alors que des *Cymodocea* s'installent dans les dépressions les plus abritées.

b. Régions où règne un calme relatif. — En raison de la pente de la zone littorale, la partie de la matte qui se trouve le plus près de la côte atteint un niveau tel que les extrémités des feuilles des *Posidonia* viennent s'étaler à la surface de l'eau, donnant une sorte de récif-barrière qui laisse passer les particules organiques et les sédiments légers, mais qui retient les sédiments plus lourds; ce récif-barrière s'élargit en direction du large, mais dépérit en arrière par suite de la faible circulation d'eau provoquant un fort envasement, de brusques variations de température et un défaut d'oxygénation; en arrière du récif-barrière, il y a donc une lagune, envahie par des *Cymodocea*, dont la largeur s'accroît constamment.

L'installation des *Posidonia* est donc précédée d'un stade à *Cymodocea* et la dégradation des mattes comporte également un stade terminal à *Cymodocea*, ce qui permet d'entrevoir l'existence d'un véritable cycle. De nos jours, les conditions nécessaires au déroulement d'un cycle complet ne semblent plus régner sur nos côtes. En effet, sur toute la longueur de la côte rocheuse des Pyrénées-Orientales, les stades à *Cymodocea* font totalement défaut; d'autre part, les actuelles et toujours rares installations de *Posidonia* sur nos côtes se font à partir de boutures, la floraison y étant devenue exceptionnelle, et cette diminution du pouvoir de reproduction sexuée des *Posidonia* est conforme à leur répartition géographique discontinue (Méditerranée et côte sud de l'Australie) dans la mesure où elle traduit une désadaptation de ces plantes par rapport à leur habitat, tendant à leur disparition qui peut être hâtée par les influences humaines telles que : chalutages intensifs, dynamitages, souillures par les fleuves et les eaux portuaires.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *La théorie généralisée des carpelles-sporophylles et la fleur des Juglandales.* III. *Discussion et conclusions.* Note de M. **Jean-F. Leroy**, présentée par M. Roger Heim.

Mes recherches sur les *Juglandaceæ*, dont quelques exposés préliminaires et très fragmentaires ont déjà été publiés ([1]), m'ont amené à rejeter, sous leur forme actuelle, les théories proposées pour expliquer la structure florale ♀ dans la famille en cause. La plupart des arguments mis en avant par les auteurs, tenants de la théorie « classique » ou partisans de la placentation caulinaire, se sont révélés non fondés dans les faits. Il est

---

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 432 et 1007. *Fruits*, **6**, n° **1**, 1951, p. 270.

faux, en particulier, de croire qu'un seul des placentas soit fonctionnel [van Tieghem (1869), Benson et Welsford (1909), Eames et Mac Daniels (1925), Hjelmquist (1948)] ou que la position ou l'orientation des faisceaux placentaires dans la cloison prouve la nature de l'ovaire *composé de deux carpelles fermés concrescents*. Quant aux faisceaux dorsaux de van Tieghem, ils ont, chez *Carya* et *Juglans*, une disposition respectivement différente, en rapport avec l'orientation des stigmates, « valvaires » ici, « commissuraux » là. Les observations nouvelles que j'ai signalées amènent à dégager quelques claires notions : 1° il y a homogénéité parfaite entre paroi ovarienne (coque) et cloisons; 2° l'évolution placentaire procède d'un type pariétal (*Annamocarya*) à un type axile (*Juglans*) suivant le schéma publié antérieurement; 3° les placentas montrent une quasi-autonomie morphologique par rapport aux carpelles. De cela il découle que les auteurs [Shuhart (1932), Langdon (1939), Hagerup (1934)] qui ont voulu distinguer des carpelles appendiculaires une colonne placentaire centrale de nature caulinaire, se sont trompés.

Ou bien il faut admettre la théorie classique, ou bien considérer la coque tout entière, avec ses cloisons, comme une formation caulinaire : il n'y a pas de moyen terme.

Théoriquement, et bien que les arguments de van Tieghem n'aient pas été avérés, rien ne s'oppose au maintien de la thèse classique *dans son essence*. C'est la position prise par M. Chadefaud (*in litt.*). Mais alors aucun fait, autre *qu'analogique*, et donc faisant appel à d'autres familles, n'est invoqué. Je n'ai pas initialement retenu cette interprétation qui ne résout pas de façon très convaincante la question de la disposition de l'ovule unique, érigé-orthotrope et apparemment terminal sur plusieurs placentas. L'incompatibilité de cette conception et de la notion n° 3 énoncée ci-dessus semblait aussi déterminante.

L'intégration de faits nouveaux provenant de l'étude des Juglandacées américaines très primitives *Oreomunnea* Œrst. et *Alfaroa* Standl. — pour lesquelles je propose de créer la sous-famille des *Oreomunnoideæ* à *gynécée tétramère*, et originelle par rapport à la sous-famille des *Juglandoideæ* comptant les *Engelhardtia* sect. *Psilocarpæ* Nagel comme transition (2), — semblant imposer l'utilisation du principe de la théorie classique, je suis conduit à admettre que l'ovule chez les *Juglandaceæ* peut n'être que secondairement terminal (mais alors existe-t-il des ovules originellement

(2) Cette classification ne manquera pas de surprendre, *Oreomunnea* ayant été jusqu'à présent considéré comme une simple section des *Engelhardtia*, mais le hiatus que j'ai mis à jour me semble suffisamment net pour en décider ainsi. La transition se marque par le fait que chez les *Psilocarpæ* les stigmates sont encore valvaires, comme chez les *Oreomunnoideæ*, alors qu'ils sont commissuraux chez les *Engelhardtia* sect. *Trichotocarpæ*.

terminaux chez les Angiospermes ? (³) existe-t-il des Angiospermes stachyosporées?), les placentas appartenant à des carpelles-sporophylles. Mais il y aurait eu dissociation des fonctions corrélative de spécialisations amenant à une *indépendance partielle des placentas et du corps ovarien*, la physiologie jouant un rôle souverain. La disposition terminale de l'ovule serait le résultat d'une évolution en spirale (surévolution de Gaussen). Cette interprétation permet de saisir les processus d'évolution (⁴) qui ont abouti aux genres actuels les plus évolués (*Juglans*) et donne la clé de bon nombre de traits morphologiques inexpliqués. D'autre part, elle comporte d'importantes conséquences sur le plan de l'origine des Angiospermes.

MORPHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Production expérimentale de feuilles soudées chez* Bryophyllum *et signification des végétaux gamophylles.* Note de M. **Pierre Gavaudan**, M[lles] **Germaine Debraux** et **Jacqueline Antigny**, transmise par M. Robert Courrier.

Analogie entre la gamophyllie induite par certaines substances chez les Crassulacées et la gamophyllie spontanée chez les Aïzoacées.

On sait que certaines substances contenant un ou plusieurs atomes d'halogène dans leur molécule tels les acides 2.4-dichlorophénoxyacétique et 1.3.5-triiodobenzoïque, induisent diverses morphoses de l'appareil foliaire; plusieurs de ces substances sont, en outre, considérées comme produisant des effets analogues à ceux des hormones de floraison naturelles.

Nous avons fait agir les deux acides à des concentrations variant de 2.10^{-6} à 2.10^{-5}. Ces deux substances ont sensiblement la même solubilité et les concentrations ont varié entre la saturation et le 1/10 de la saturation. Les expériences ont été effectuées sur *Bryophyllum verticillatum* (Scott-Elliot) Berger, *B. Daigremontianum* (Raymond-Hamet et Perrier de la Bathie) Berger et *B. crenatum* Baker, et ont donné des résultats comparables dans tous les cas. Les *Bryophyllum* produisent, sur toute l'étendue des marges ou à l'extrémité de leurs feuilles, des gemmes qui, normalement, portent deux paires de petites feuilles de type *cotylédonnaire*, opposées, décussées, non pétiolées et complètement libres à la base; séparées de la feuille-mère, ces gemmes reproduisent la plante.

(³) Il n'est pas sûr que même chez les Polygonacées l'ovule soit terminal (R. A. Laubengayer, 1937). Il ne l'est pas non plus chez les *Urticaceæ* (Bechtel, 1921).

(⁴) En ce qui concerne l'évolution des stigmates, ma conception s'identifie presque point pour point avec celle de Manning (1938-1940). Le processus évolutif est des plus remarquables.

Expériences sur *B. verticillatum* :

1° Nous avons traité des lots de jeunes plantes issues de ces gemmes et comportant deux paires de feuilles *cotylédonnaires* et trois paires de feuilles de type adulte. Le traitement consistait en une immersion continue pendant un à trois jours dans les solutions des deux acides. Après trois semaines, nous avons observé que les feuilles de la quatrième paire (adultes) s'étaient développées avec une soudure congénitale en donnant une urne (25 mm de longueur et 7-8 mm de diamètre) dont l'ouverture présentait deux échancrures correspondant aux lignes de soudure des marges foliaires. Nous avons toujours observé une forte inhibition de la croissance générale de la plante; toutefois dans quelques cas, après deux mois, des gemmes normales sont apparues sur le bord de l'urne.

2° Des feuilles adultes (4-5 cm de longueur) ont été traitées de la même façon avant l'apparition des gemmes; celles-ci étaient plus ou moins modifiées selon les concentrations : A. les unes comportaient une seule paire de feuilles *cotylédonnaires* soudées en une petite urne; dans certains cas, cette urne présentait un aspect *solide* dû à la compression des tissus obturant la cavité; dans d'autres cas, l'urne était creuse et le sommet végétatif s'en dégageait en donnant une paire de feuilles libres; B. les feuilles de la première paire du type *cotylédonnaire* étaient normales, c'est-à-dire libres; celles de la deuxième paire montraient tous les termes de passage entre les feuilles de type *cotylédonnaire* normal et une urne plus ou moins parfaite. La différence des résultats obtenus dans les deux cas est due au stade du développement atteint par les ébauches au moment où l'action toxique a été provoquée.

On observe entre la morphologie de ces urnes et de celles du premier cas une différence de taille et de forme correspondant à la différence qui existe entre les deux types de feuilles; mais ces deux types de feuilles peuvent se souder en urne, ce qui montre la similitude des méristèmes du sommet végétatif principal et de celui des gemmes. L'examen de la disposition des feuilles normales et des bourgeons axillaires, et des feuilles anormales montre que les urnes sont formées par la soudure de deux éléments foliaires et non par un phénomène de scyphogénèse n'intéressant qu'une feuille.

Les feuilles adultes de *B. Daigremontianum* et *B. crenatum*, traitées de la même façon, ont produit des gemmes anormales comparables à celles de *B. verticillatum*.

On sait qu'il existe dans différentes familles des plantes gamophylles, c'est-à-dire dont les feuilles opposées sont plus ou moins soudées par leur base, ce phénomène pouvant être plus ou moins marqué chez certains *Dianthus*, *Gentiana*, *Dipsacus*, *Lonicera*. Ce processus de gamophyllie montre l'aspect le plus intéressant chez les Aïzoacées où il est accompagné d'une inhibition considérable de l'activité du sommet végétatif se tra-

duisant par la réduction extrême du nombre de feuilles et l'absence de développement d'une tige : citons les *Cheiridopsis*, *Conophytum* et *Ophtalmophyllum*, *Lithops* et *Muiria*. Ces plantes sont parfois réduites à une paire de feuilles succulentes soudées par leur base; lorsque la gamophyllie atteint son degré le plus élevé, il se constitue une urne presque fermée (*Lithops pseudotruncatella*, *Muiria Hortenseæ*) contenant les méristèmes floral et foliaire.

On peut expliquer cette morphologie spéciale par la présence de facteurs produisant spontanément, et d'une façon toujours transmise héréditairement, le même effet que celui que nous observons dans nos expériences sur la génération traitée. Il faut retenir dans les deux cas, la morphose foliaire et l'inhibition de l'appareil végétatif. D'autre part, comme l'une des substances utilisées (1, 3, 5-T. I. B.) possède certaines des propriétés des hormones sexuelles naturelles, il n'est pas impossible que les morphoses foliaires spontanées et expérimentales observées correspondent à une sorte de crise sexuelle précoce et intempestive. L'étude d'autres morphoses foliaires provoquées par les mêmes substances ou observées régulièrement dans la nature sans aucune intervention expérimentale (scyphogénie, diplophyllie) nous pose, dans des recherches en cours, le problème de l'existence et de la nature d'une interaction entre certains gènes et les hormones naturelles.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les carences en oligo-éléments dans les sols du Moyen Congo*. Note de MM. **Maurice Ferrand, André Bachy** et **Michel Ollagnier**, présentée par M. Raoul Combes.

Mise en évidence des carences de zinc, magnésium, manganèse, cuivre et bore dans un type de sol très répandu au Moyen Congo. Les fumures chimiques classiques à base de N, P et K, appliquées au Palmier à huile, sont totalement inactives dans ces sols, si au moins un de ces éléments n'est pas apporté. En outre, ces oligo-éléments, particulièrement le manganèse et le magnésium, ont une influence très favorable sur l'état sanitaire des palmiers.

Depuis dix ans, on constate de plus en plus fréquemment dans les plantations de Palmiers à huile du Moyen Congo français, de même que dans celles de l'Afrique centrale, une dégradation progressive des arbres, accompagnée d'une chute verticale des productions, ainsi qu'un développement de maladies souvent graves du type des trachéomycoses. Les palmiers atteints sont situés sur sols profondément lessivés, à profil sénile, très légers et n'ayant plus qu'un très mauvais pouvoir de sorption. Il est frappant que dans de pareilles conditions, les fumures chimiques traditionnelles à base d'azote, de phosphore et de potasse ne produisent en général aucun effet. Nous avons pensé qu'une des raisons de leur manque d'action devait être cherchée dans des carences pos-

sibles en oligo-éléments. Nous avons entrepris, en 1948, à Etoumbi (Moyen Congo), dans une situation typique, une expérience destinée à mettre en évidence le rôle d'une série d'oligo-éléments sur l'évolution des trachéomycoses du Palmier à huile et sur sa productivité.

Les lots suivants ont été constitués, comprenant chacun six répétitions de 25 palmiers répartis dans un bloc unique : I. Témoin sans fumure. II. Fumure NPK + zinc. III. Fumure NPK + cuivre. IV. Fumure NPK + fer (appliqué à partir de janvier 1950 seulement). V. Fumure NPK + bore. VI. Fumure NPK + magnésium. VII. Fumure NPK + manganèse. VIII. Fumure NPK seule. IX. Deuxième série de témoins.

La fumure NPK annuelle comprend, par arbre : 2 kg de sulfate d'ammoniaque + 3 kg de phosphate naturel + 1 kg de chlorure de potassium (à 50 % de K_2O).

Le Zn, le Cu, le Mg, le Mn sont appliqués à l'état de sulfates, le Fe l'est sous forme de sulfate ferreux et le Bo sous forme d'acide borique. La dose annuelle pour chaque élément est de 250 g de sulfate ou d'acide borique.

La fumure totale est appliquée au sol en deux fois, par moitié, vers la fin des saisons pluvieuses, soit fin de juillet et courant de janvier, depuis 1948.

Au préalable, en mai 1948, un indice sanitaire tenant compte du degré d'attaque et de l'état général de l'individu a été établi pour chaque palmier à l'aide d'une échelle de cotation précise : l'indice va de 0 (arbre mort) à 20 (arbre en très bonne santé). La moyenne des indices individuels dans chaque répétition permet d'établir l'indice sanitaire parcellaire moyen.

Résultats des trois premières années d'expérience.

Nous donnons ci-après les productions moyennes observées dans chaque lot au cours des trois années d'expérience.

	Production de fruits.					
	1re année.		2e année.		3e année.	
Lots.	Régime/arbre (kg).	Témoin (%).	Régime/arbre (kg).	Témoin (%).	Régime/arbre (kg).	Témoin (%).
I. T.........	34,1	100	27,8	100	36,6	100
II. F + Zn....	35,8	104	37,1	133	60,2	165
III. F + Cu....	44,8	132	50,1	180	66,9	183
IV. F + Fe....	56,7	166	45,5	163	53,9	147
V. F + Mg...	31,9	94	41,7	150	51,6	141
VI. F + Mn...	50,8	149	59,7	215	66,8	183
VII. F + Bo....	35,8	105	37,5	135	53,9	147
VIII. F.........	43,1	126	39,9	141	43,8	120
IX. T.........	26,9	79	26,1	94	30,6	84
Erreur standard..	±6,29		±7,05		±7,01	

Les productions de la première année, période pendant laquelle l'effet des fumures est nul, montrent que dans l'ensemble, les arbres sont très hétérogènes

selon leur situation dans les différents lots. Cette hétérogénéité est due au fait que nous avons intentionnellement recherché un bloc contenant beaucoup d'arbres malades et que ces malades ne sont pas également répartis sur toute la surface.

Par ailleurs, il ressort des chiffres que la productivité des témoins, comme celle des parcelles ayant reçu la fumure NPK simple, a très peu varié au cours des trois années de l'expérience. Par contre, lorsqu'un oligo-élément est ajouté à la fumure NPK, l'augmentation de production de la deuxième année, et plus encore celle de la troisième année de l'expérience, est forte ou très forte. L'augmentation statistiquement calculée est d'environ 60 % pour le Zn, le Cu et le Mn, et d'environ 40 % pour le Bo et le Mg. Les différences de production avec les témoins I sont valables pour le Cu à P 0,01, pour le Zn et le Mn à P 0,05. Avec les témoins IX, elles sont valables à P 0,01 pour le Zn et le Cu, à P 0,05 pour le Mg, le Mn et le Bo. Enfin, la différence de production avec la fumure NPK est valable à P 0,05 pour le Zn, le Cu et le Mn.

Ces résultats démontrent *que si l'un au moins des éléments* Zn, Cu, Mn, Mg, Bo *n'est pas présent dans la fumure chimique, l'action de l'azote, du phosphore et de la potasse est inhibée et reste absolument nulle.*

Le tableau ci-dessous montre l'accroissement de l'indice sanitaire moyen, de la première à la troisième année dans les lots ayant reçu Zn, Cu, Mg, Mn ou Bo.

Classes d'indices.	< 10.	10 à 12.	12 à 14.	14 à 16.	> 16.
1re année	1	6	8	15	
3e année		1	7	18	4

Les fumures avec oligo-éléments ont donc eu une iufluence certaine très favorable sur la santé des arbres.

L'application dans les plantations de l'Afrique centrale, des résultats que nous relatons ici, peut avoir dans l'avenir une importance économique considérable.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *La mansonine, hétéroside digitalique de* Mansonia altissima. Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Roger Heim.

En 1935, R. Portères (¹) a signalé que les écorces de *Mansonia altissima* A. Chev., arbre de la famille des Sterculiacées, étaient utilisées par les Yaccoubas, tribu de la Côte d'Ivoire, pour la préparation d'un poison sagittaire; ces écorces sont également utilisées par les Bandas, tribu de l'Oubangui. En 1938, Mascré et Paris (²) ont obtenu à partir du *Dó*, nom donné par les

(¹) *Bull. Comité Études historiques et scientifiques de l'A. O. F.*, 18, p. 7.
(²) *C. R. Soc. Biol.*, 128, p. 1004.

Yaccoubas au *Mansonia*, une poudre amère, amorphe, qui contient le principe toxique des écorces de *Mansonia*. Nous avons repris l'étude de ce principe dans l'espoir de l'obtenir à l'état pur.

Nous avons eu à notre disposition des écorces d'arbres adultes et des écorces d'arbres jeunes; mais aux premières adhérait une importante fraction ligneuse que nous n'avons pu séparer.

Après pulvérisation, les écorces ont été épuisées à l'éther de pétrole qui enlève 5 pour 1000 de matières non toxiques; nous avons ensuite traité les écorces à l'alcool méthylique bouillant. L'extrait alcoolique, concentré au demi, a été déféqué par l'hydrate d'oxyde de plomb, puis concentré; la liqueur obtenue a été abondamment lavée à l'éther qui enlève 1 pour 1000 de produits à peine toxiques, puis au chloroforme qui entraîne facilement les poisons des écorces. Enfin la solution chloroformique obtenue a été chromatographiée sur alumine *soigneusement neutralisée*. Par élution avec du chloroforme contenant 1 pour 100 de méthanol, on entraîne une fraction contenant pratiquement toute la portion cristallisable des poisons des écorces. Finalement le résidu de l'évaporation de cette fraction a été dissous dans l'alcool à 50°; la solution obtenue laisse lentement déposer un corps cristallin, hétéroside digitalique nouveau auquel nous donnons le nom de *mansonine*.

Le rendement en mansonine est faible : 0,16 g : kg d'écorces d'arbres adultes, 0,32 g : kg d'écorces d'arbres jeunes.

La mansonine se dépose de l'alcool dilué en gros cristaux contenant une molécule d'eau. Anhydre, elle fond à 174°; elle est dextrogyre : $[\alpha]_D^{20} + 7°$ (CH_3OH); la mansonine possède tous les caractères habituels des hétérosides digitaliques : elle est amère et sternutatoire; en milieu alcalin elle colore en rouge les solutions de nitroprussiate de sodium, en bleu les solutions de méta-dinitrobenzène, en rouge les solutions de 1.3-dinitronaphtalène. Elle ne colore pas le réactif de Keller-Kiliani, ce qui laisse supposer que, dans cet hétéroside, la génine n'est pas liée à un désose.

Avec le réactif de Liebermann, on observe successivement une coloration rose, puis bleue, puis enfin verte.

L'hydrolyse de la mansonine est difficile et ne conduit pas à une génine cristallisée. La mansonine est insoluble dans les alcalis dilués. Les résultats analytiques conduisent à lui assigner la formule $C_{33}H_{48}O_{11}$ (C 63,77; H 7,95; calculé C 63,83; H 7,80); la molécule de mansonine contient deux groupes méthoxyles (OCH_3 10,2); elle contient un groupe acétyle; elle renferme un oxhydryle acétylable. L'acétylation de la mansonine en présence de pyridine conduit à une acétylmansonine $C_{35}H_{50}O_{12}$ (C 63,3; H 7,9); F 215-221° $[\alpha]_D^{20} + 13°$ (CH_3OH), qui cristallise aisément de l'alcool à 75°.

La mansonine, traitée en milieu alcoolique au bain-marie par le chlorhydrate d'hydroxylamine et l'acétate de sodium nous a fourni une oxime qui

cristallise de l'alcool à 50° en lamelles brillantes F 170°; cette oxime correspond à la formule $C_{33}H_{49}O_{11}N$.

Enfin la mansonine, sous l'action de la potasse diluée, est désacétylée et isomérisée en un produit cristallin F 255-258°, qui ne donne plus les réactions colorées caractéristiques des digitaliques avec les dérivés nitrés. Ce corps est sans aucun doute la désacétylisomansonine $C_{31}H_{46}O_{10}$ (C 64,30; H 8,15; calculé C 64,31; H 8,01). Il est insoluble dans les alcalis dilués.

Comme nous n'avons eu jusqu'ici à notre disposition que 0,8 g de mansonine, il ne nous a pas été possible de déterminer la constitution exacte de cet hétéroside; les résultats obtenus laissent cependant supposer qu'il est formé par l'union d'un acétyldiméthylhexose avec la strophanthidine.

Signalons pour terminer que la présence d'un corps digitalique dans une plante de la famille des Sterculiacées est moins surprenante depuis qu'on a montré récemment qu'un composé digitalique se trouve dans les graines de *Corchorus capsularis*, plante appartenant à la famille des Malvacées, très voisine des Sterculiacées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'hydrolyse comparée du maltose et du saccharose par les acides étendus*. Note de Mme **Andrée de Grandchamp-Chaudun** et Mlle **Marie-Thérèse Moreau**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'étude de l'hydrolyse du maltose par des acides étendus de force décroissante montre que la diminution de la vitesse de réaction, lorsqu'on passe de HCl à SO_4H_2 puis à HOOC—COOH, est beaucoup plus accentuée que dans le cas du saccharose. Le pouvoir d'inversion des acides s'exprime par des nombres différents suivant l'oside envisagé.

Au cours d'expériences sur l'hydrolyse du maltose par les acides étendus, hydrolyse difficile et qui n'est possible qu'à des températures de l'ordre de 80-85°, nous avons été amenées à comparer les vitesses de scission de la molécule de l'oside suivant la nature de l'acide. Nous avons étudié en particulier à cet égard les acides chlorhydrique, sulfurique, oxalique, tous trois employés à la dose N/10.

La lenteur de la réaction, la nécessité d'opérer à de hautes températures ne nous ont pas permis d'utiliser la méthode rigoureuse consistant à tracer la courbe $x = f(t)$, x étant la quantité de maltose transformée au temps t, et à déterminer la vitesse d'hydrolyse à chaque instant par la mesure, sur la courbe, de la pente de la tangente au point correspondant.

L'expérience a donc été conduite de la façon suivante : nous avons déterminé à différents stades de l'hydrolyse, les valeurs des rapports x/a (a = concentration initiale du substrat), dans des solutions contenant, pour une même dose, 2 % de maltose, HCl, SO_4H_2, HOOC — COOH décinormaux; et, prenant HCl pour terme de comparaison, nous avons calculé les quotients du rap-

port x/a correspondant à cet acide par les mêmes rapports relatifs à SO_4H_2 et à HOOC — COOH.

Voici une expérience entre autres. La première colonne donne les temps de chauffe (avec une légère indétermination qui provient du fait que, l'expérience s'étendant sur plusieurs jours, il faut tenir compte du temps nécessaire à l'échauffement et au refroidissement des liqueurs); les colonnes 2, 3 et 4 indiquent respectivement les valeurs des rapports x/a relatifs à HOOC—COOH, SO_4H_2 et HCl; enfin, les colonnes 5 et 6 contiennent les quotients des chiffres de la colonne 4 par ceux des colonnes 2 et 3.

1.	2.	3.	4.	5.	6.
2 h.	0,017	0,036	0,080	4,70	2,25
6	0,046	0,098	0,205	4,45	2,09
9	0,066	0,147	0,280	4,24	1,90
15	0,090	0,203	0,362	4,02	1,77
20	0,109	0,241	0,409	3,75	1,61
28	0,142	0,307	0,485	3,41	1,57
40	0,188	0,402	0,587	3,12	1,46

Donc, lorsque HCl a hydrolysé les 8/100 du maltose présent dans la solution, SO_4H_2 et HOOC—COOH ont hydrolysé respectivement des quantités 2,25 et 4,70 fois plus petites; ces rapports diminuent évidemment au cours du temps, mais ils valent encore 1,57 et 3,41 quand la moitié environ du substrat a été hydrolysée par HCl.

Or, si l'on répète la même expérience sur le saccharose, il s'en faut que la chute de vitesse lorsqu'on passe de l'acide chlorhydrique aux acides sulfurique et oxalique soit aussi importante que dans le cas du maltose. C'est ce que montre le tableau ci-dessous. Les conditions expérimentales sont les mêmes que précédemment, mais, cette fois, la réaction s'effectue à la température du laboratoire, 20-22°.

1.	2.	3.	4.	5.	6.
2 h.	0,023	0,040	0,062	2,69	1,55
6	0,063	0,110	0,161	2,55	1,46
18	0,160	0,270	0,382	2,38	1,41
32	0,237	0,416	0,534	2,25	1,25
56	0,385	0,662	0,788	2,05	1,19
100	0,590	0,857	0,944	1,61	1,10
120	0,639	0,920	1,000	1,56	1,08
144	0,714	0,944	1,000	1,40	1,04

Ces divergences dans le comportement des trois acides étudiés vis-à-vis des substrats maltose et saccharose sont vraisemblablement imputables à deux causes distinctes : différence des températures d'hydrolyse, et surtout différence des liaisons à scinder; nous pensons pouvoir séparer ces deux effets en étudiant l'influence de la température sur la vitesse d'hydrolyse du saccharose par

divers acides étendus. Quoi qu'il en soit, il ressort de ce qui précède que, dans la classification des acides par leur pouvoir d'inversion, les nombres obtenus dépendent essentiellement de la nature de l'oside soumis à l'hydrolyse.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action d'un composé organomercurique sur le développement de l'Orobanche du Pois* (Orobanche Speciosa *D. C.*). Note de M. **Marcel Blanchard**, présentée par M. Albert Demolon.

Le parasitisme de l'Orobanche constitue, dans les Sahels algériens, un véritable fléau pour les cultures de légumineuses dont il entraîne le dépérissement.

Nous avons recherché, dans la série des produits anticryptogamiques, ceux qui, sans nuire à la végétation de la plante hôte, étaient susceptibles d'enrayer le développement du parasite. Nous avons retenu, à cet égard, un composé organomercurique, le « Soprasan », qui est un silicate de méthoxyéthylmercure.

Organisation des essais. — Dans des vases de culture, nous avons mélangé intimement du sable fin, des graines d'Orobanche, du « Soprasan » en quantité croissante.

Nous avons constitué 11 séries de cinq vases qui contenaient chacun :

Série I...............	2 kg sable, sans Oro ni SOP (témoin)				
» II.............	»	+ 90 mg Oro			
» III.............	»	+	»	+ 200 mg SOP	
» IV.............	»	+	»	+ 300	»
» V..............	»	+	»	+ 400	»
» VI.............	»	+	»	+ 500	»
» VII............	»	+	»	+ 600	»
» VIII...........	»	+	»	+ 700	»
» IX.............	»	+	»	+ 800	»
» X..............	»	+	»	+ 900	»
» XI.............	»	+	»	+ 1000	»

Nous avons semé trois graines de Pois par pot de sable (9 novembre 1950) et maintenu une humidité suffisante pour assurer la germination et la levée des Pois. Nous avons arrosé par la suite à l'aide d'une solution nutritive pour permettre aux jeunes plantes de végéter normalement.

Résultats. — Le parasitisme de l'Orobanche se manifeste environ 4 à 5 semaines après le semis. Au bout de 3 mois (9 février 1951), nous avons enregistré les résultats suivants :

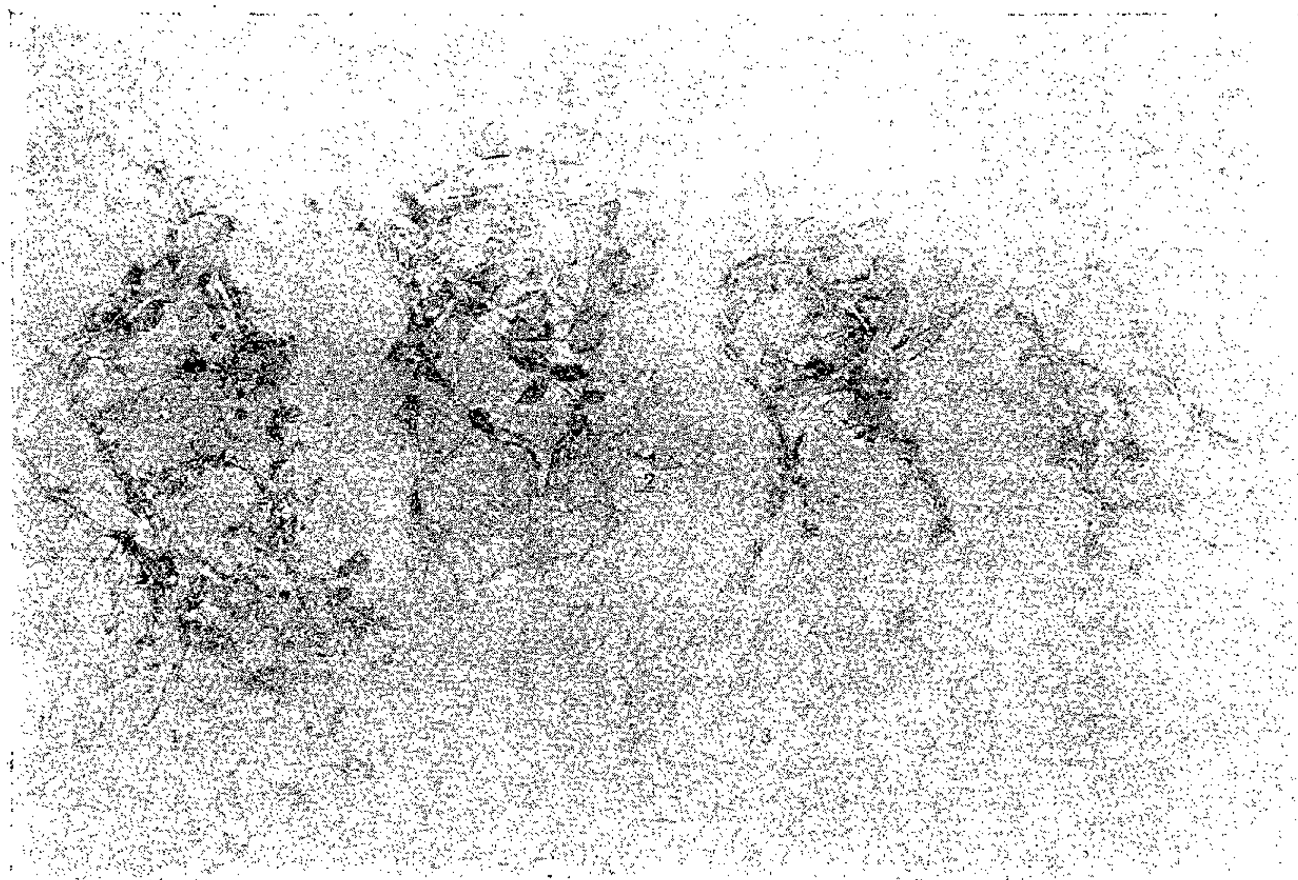
Série I (témoin) : Appareils racinaire et foliaire du Pois bien développés. Pas d'Orobanche.

Série II (Oro sans SOP) : Appareils racinaire et foliaire du Pois bien développés. Nombreuses Orobanches bien développées, en moyenne 12 par pied de Pois.

Série III (Oro + 200 mg SOP) : Appareils racinaire et foliaire du Pois bien développés. Quelques Orobanches peu développées, en moyenne 2 par pied de Pois.

Série IV (Oro + 300 mg SOP) : Appareils racinaire et foliaire du Pois bien développés. En moyenne une Orobanche peu développée pour 3 pieds de Pois.

Série V (Oro + 400 mg SOP) : Belle végétation du Pois. En moyenne une Orobanche peu développée pour 3 pieds de Pois.



1. Orobanche sans Soprasan (série II). — 2. Orobanche + 300 mg Soprasan (série IV). — 3. Orobanche + 500 mg Soprasan (série VI). — 4. Orobanche + 1000 mg Soprasan (série XI).

Série VI (Oro + 500 mg SOP) : Belle végétation du Pois. Pas d'Orobanche.

Série VII (Oro + 600 mg SOP) : Belle végétation du Pois. Pas d'Orobanche.

Série VIII (Oro + 700 mg SOP) : Végétation déprimée du Pois. Pas d'Orobanche.

Série IX (Oro + 800 mg SOP) : Végétation chétive du Pois. Pas d'Orobanche.

Série X (Oro + 900 mg SOP) : Végétation chétive du Pois. Pas d'Orobanche.

Série XI (Oro + 1000 mg SOP) : Végétation très chétive du Pois. Pas d'Orobanche.

Dans les conditions de nos essais, la dose d'efficacité absolue minimum du « Soprasan » est de 500 mg. Pour cette dose, le Pois présente une belle végétation.

Plus la dose de « Soprasan » est élevée au-dessus de 500 g, plus le Pois après une levée tardive voit sa croissance ralentie.

Il existe au-dessus du seuil de 500 mg une marge de sécurité à l'intérieur de laquelle l'Orobanche est détruite, tandis que le Pois se développe normalement.

A dose convenable, le Soprasan entrave le parasitisme de l'Orobanche sans nuire au développement du Pois.

Les résultats de ces expériences de laboratoire ont été confirmés par des essais en plein champ réalisés suivant les pratiques et à l'échelle de la grande culture. La dose de 150 kg : ha a fourni les meilleurs résultats. Elle a enrayé le développement de l'Orobanche sans affecter le rendement du Pois. La marge de sécurité est suffisante pour conférer une valeur pratique à la technique.

BIOLOGIE. — *Démonstration de la parthénogénèse chez* Trhypochthonius tectorum *Berlese* (*Acarien, Oribate*). Note de M. **Georges Taberly**, présentée par M. Louis Fage.

L'existence de la parthénogénèse chez les Oribates fut signalée pour la première fois, en 1941, par F. Grandjean (1). Ayant examiné des récoltes nombreuses et variées, il relevait, pour un certain nombre d'espèces, choisies dans les familles les plus diverses de ce sous-ordre, les nombres de mâles et de femelles. Il était ainsi amené à répartir les 74 espèces étudiées, en trois groupes : un *groupe* S *ou bisexué normal*, le plus nombreux, dans lequel les mâles sont, en moyenne, aussi communs que les femelles; un *groupe* SP à tendance parthénogénétique où paraît exister une parthénogénèse géographique (au sens de A. Vandel) et enfin un *groupe* P *ou parthénogénétique* dans lequel les mâles, que Grandjean désigne par ataviques, sont l'exception (au maximum, 1 mâle pour 25 femelles).

Un peu plus tard, Grandjean démontra, par des élevages, la réalité d'une reproduction parthénogénétique pour quelques-unes des espèces figurant dans le groupe P : *Platynothrus peltifer* Koch (2), *Camisia segnis* Herm. (3), *Nothrus palustris* Koch, *N. silvestris* Nic. et *Nanhermannia nanus* Nic. (4).

---

(1) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 463.
(2) *Bull. Mus. Hist. Nat.*, 2e série, **19**, (1), 1947, p. 79-80.
(3) *Bull. Mus. Hist. Nat.*, 2e série, **19**, (2), 1947, p. 171-172.
(4) *Bull. Mus. Hist. Nat.*, 2e série, **19**, (5), 1947, p. 402.

Les recherches que je poursuis actuellement sur la biologie et la cytologie de la parthénogénèse chez les Oribates, m'ont amené à entreprendre des élevages. Ces derniers m'ont permis, en particulier, d'apporter la confirmation de l'existence d'une parthénogénèse chez *Trhypochthonius tectorum* Berlese.

Il s'agit de *Trh. tectorum* Berlese s. s. Grandjean, 1940 ([5]) et non de la variété *congregator* Grandjean 1940 ([6]). J'ai trouvé cette espèce en grand nombre, à Toulouse, parmi des feuilles mortes de Glycine (*Wistaria*) tombées sur un toit.

Les données de statistique sexuelle avaient déjà permis à Grandjean de ranger *Trh. tectorum* dans le groupe des Oribates parthénogénétiques : sur 43 exemplaires examinés, cet auteur n'avait trouvé qu'un seul mâle. Ayant moi-même établi la composition sexuelle de deux lots d'adultes, l'un recueilli en février, l'autre en octobre 1951, j'ai trouvé dans le premier lot : 58 ♀, 0 ♂, et dans le second : 130 ♀, 0 ♂.

Les élevages ont été entrepris selon la méthode utilisée par Grandjean ([6]). Les individus sont placés dans de petites cellules de verre, dont le fond est garni de deux disques de buvard superposés. Chaque cellule est recouverte d'un disque de soie à bluter très fine dont l'adhérence est assurée par des anneaux métalliques. La nourriture consiste en fragments d'écorce d'érable recouverts d'un lichen encroûtant gris foncé qui prend une consistance gélatineuse et une coloration noirâtre dès qu'il est humidifié. Ces fragments avaient été prélevés sur un arbre, à plus de 2 m de hauteur, près de 2 ans auparavant et avaient été conservés, depuis, au laboratoire, dans une boîte close. *Trh. tectorum* est une espèce peu exigeante vis-à-vis de l'humidité; pour assurer son développement, il suffit, tous les 2 ou 3 jours, de mouiller légèrement chaque cellule. On peut même laisser la cellule se dessécher pendant une huitaine et plus sans que cela paraisse présenter d'inconvénients.

J'isolais ainsi, le 24 février 1951, un exemplaire de *Trh. tectorum* recueilli à la stase tritonymphale. Il devenait adulte le 9 mars et j'observais, le 2 avril, 3 œufs pondus. Le 27 avril, je comptais 13 œufs et, dans la semaine du 7 au 12 mai, naissaient les 5 premières larves.

Pour confirmer le résultat précédent, j'isolais dans les mêmes conditions, le 28 mai 1951, une larve née dans l'élevage précédent. Cette larve s'est transformée en protonymphe le 17 juin, en deutonymphe le 1er juillet, en tritonymphe le 19 juillet, et enfin en adulte, le 8 août de la même année. J'observais le premier œuf pondu le 24 août. Le 31 août il y avait déjà 5 œufs

([5]) *Bull. Mus. Hist. Nat.*, 2e série, **12**, (1), 1940, p. 65-69, fig. 2.

([6]) *Bull. Mus. Hist. Nat.*, 2e série, **20**, (5), 1948, p. 450-457.

pondus et le 4 septembre, apparaissaient les 2 premières larves. Le 5 novembre, le nombre total des œufs pondus s'élève à 30, dont 16 sont déjà éclos.

Trhypochtonius tectorum est donc un Oribate se reproduisant bien par parthénogénèse thélytoque. Cette espèce offre, en outre, l'intérêt de s'élever facilement (surtout à cause de sa résistance à la sécheresse) et de présenter un développement assez rapide comparativement à celui des autres espèces étudiées.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *Détermination microélectrométrique du potentiel de repos de l'élément électrogène chez* Torpedo marmoráta. Note (*) de MM. **Alfred Fessard** et **Ladislav Tauc**, présentée par M. Louis Lapicque.

La formation syncytiale, désignée sous le nom d'*électroplaxe*, qui représente l'élément électrogène de l'organe électrique de la Torpille (*Torpedo marmorata*), constitue un système clos de faible épaisseur (10-20 μ), d'un diamètre de 3-4 mm. Cet élément, lorsqu'il entre en action, est le siège d'une f. é. m. transitoire dont le maximum, calculé d'après la tension de décharge et le nombre d'électroplaxes disposées en série, atteint 0,10 à 0,15 V. Par analogie avec d'autres générateurs bioélectriques bien étudiés (fibres nerveuses ou musculaires), on doit se demander si cette structure possède aussi une polarisation de repos, c'est-à-dire s'il préexiste une différence de potentiel permanente entre l'intérieur et l'extérieur de l'électroplaxe. La théorie classique [Bernstein (1)] l'admet et les électrophysiologistes nomment « potentiel de repos » cette différence de potentiel, par opposition au « potentiel d'action » de la décharge. Des mesures faites à partir de prismes entaillés, avec une électrode sur l'entaille et l'autre sur une région intacte, n'avaient pas permis de mettre en évidence des différences de potentiel supérieurs à 5 mV (2), (3). Mais, à l'exemple de ce qui a été fait récemment avec les fibres nerveuses de grand diamètre et avec les fibres musculaires striées, il convenait d'essayer des microélectrodes nettement plus fines que la structure à étudier, afin de pouvoir pénétrer et séjourner à l'intérieur d'un élément avec un minimum d'effet destructeur.

Il fut possible, en utilisant la microforge de De Fonbrune (4), d'effiler des tubes jusqu'à un diamètre nettement inférieur à 1 μ. Une fois effectué

(*) Séance du 5 novembre 1951.

(1) *Elektrobiologie*, 1912, Braunschweig, Berlin.

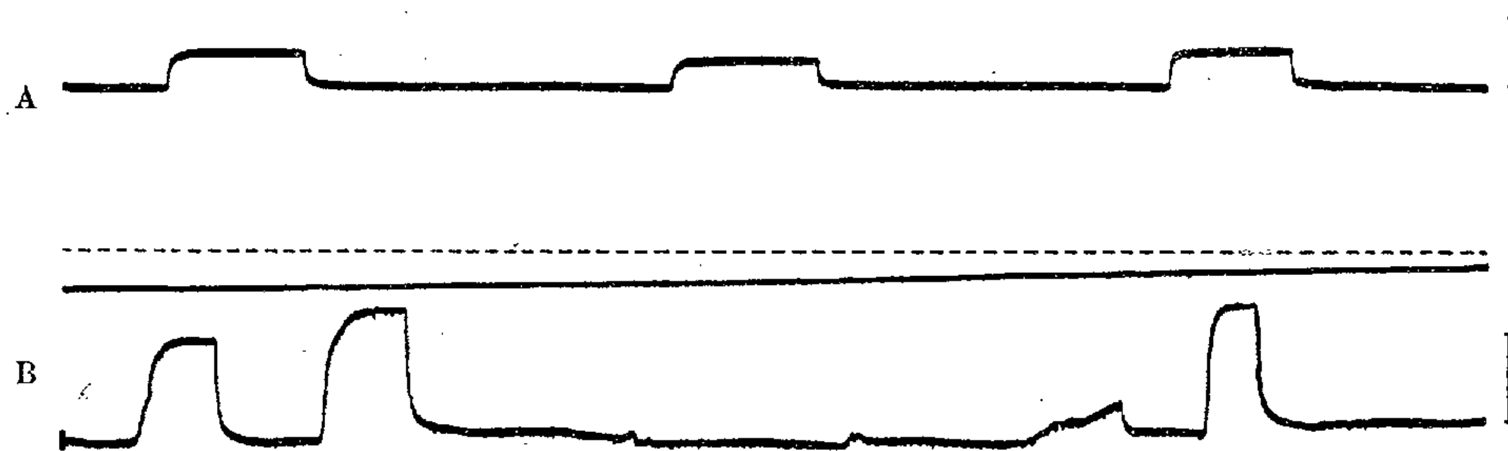
(2) D. Auger et A. Fessard, *C. R. Soc. Biol.*, 134, 1940, p. 444.

(3) A. Fessard, *Annals New-York Acad. Sc.*, 47, 1946, p. 501-514.

(4) *Technique de Micromanipulation*, 1949, p. 203, Masson, Paris.

son remplissage par une solution conductrice de KCl, l'électrode, qui offre une résistance extrêmement élevée (de l'ordre de 100 MΩ), est reliée à une valve-électromètre par une liaison qui évite, autant que possible, d'introduire des capacités parasites. L'appareil de lecture est un galvanomètre, mais nous utilisons aussi un oscillographe cathodique pour pouvoir observer la forme de variation du potentiel au moment de la pénétration de l'électrode à l'intérieur d'une électroplaxe. L'électrode extérieure est un gros tube en contact diffus avec la préparation. Les deux connexions liquides aboutissent à deux tiges d'argent chloruré.

Après plusieurs essais destinés à vaincre les difficultés réelles d'introduction de l'électrode différenciée, nous nous sommes arrêtés à la technique consistant à enfoncer lentement celle-ci à l'intérieur d'un prisme, perpendiculairement au plan des électroplaxes, avec l'aide d'un micromanipulateur. On devait pouvoir ainsi observer un saut brusque de potentiel, avec retour, à chaque fois que l'électrode perçait un élément, puis le dépassait.



A. Portion d'un graphique obtenu au cours du percement lent d'un prisme d'organe de Torpille avec une microélectrode de diamètre inférieur à 1 μ (à droite, étalonnage : 100 mV).

B. Même expérience qu'en A, enregistrement à plus grande sensibilité (étalonnage : 40 mV). Trois « ratés » successifs sont visibles. Le déplacement du second spot, qui trace la ligne inclinée située au-dessus, est proportionnel à l'enfoncement de l'électrode et en indique la continuité. La durée totale de chaque enregistrement est approximativement de 18 s.

La figure (A et B) montre que tel est bien le cas. La continuité de l'enfoncement a pu être parfois contrôlée par l'enregistrement du déplacement (comme en B), ce qui nous a permis, en outre, de retrouver l'ordre de grandeur de la distance interlamellaire (ici 38 μ en moyenne). La durée de chaque variation n'a évidemment pas de signification : elle dépend de la vitesse du mouvement imposé à l'électrode et des conditions spatiales et mécaniques suivant lesquelles celle-ci aborde l'électroplaxe, la perce et se maintient un moment dans sa partie interne. Ces conditions peuvent évidemment varier et, d'autre part, certaines électroplaxes peuvent avoir été plus ou moins endommagées : c'est sans doute ce qui explique les déviations faibles trouvées parfois, ainsi que certains manques dans la succession des variations observées (*voir* en B).

Le résultat essentiel, c'est-à-dire la valeur du potentiel de repos, varie sensiblement d'une électroplaxe à la suivante, mais tous les cas où la déviation fut franche et se maintint bien constante fournirent des valeurs comprises entre 45 et 60 mV (exceptionnellement 70 mV), avec une moyenne voisine de 50 mV, soit environ la moitié de la f. é. m. de la décharge élémentaire. Précisons encore que, comme il se doit, l'électrode mobile devient toujours négative par rapport à l'électrode fixe, quelle que soit la face par laquelle on aborde l'électroplaxe; et que, ayant refroidi des préparations, sans dépasser la marge physiologique, nous n'avons pas trouvé de variations sensibles de la différence de potentiel. Ce dernier fait est bien conforme au comportement général des potentiels de repos.

Ainsi, l'électroplaxe de l'organe de Torpille ne se montre pas essentiellement différente, pour ses propriétés électromotrices de repos ou d'activité, d'une fibre musculaire striée ou d'une fibre nerveuse de grand diamètre.

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *L'effet du rayonnement ultraviolet sur la biosynthèse de la β-galactosidase et sur la multiplication du bactériophage* T2 *chez* Escherichia coli (*). Note de M. **François Jacob**, Mlle **Anne-Marie Torriani** et M. **Jacques Monod**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les bactéries ayant reçu certaines doses de rayonnement U. V. sont encore capables de produire du bactériophage, mais non de synthétiser la β-galactosidase.

L'inhibition de la biosynthèse induite (« adaptative ») de certains enzymes chez des cellules traitées par le rayonnement U.V. a été observée par Swenson et Giese (1) ainsi que par Stanier et Lederberg (communication personnelle). On sait d'ailleurs que divers agents ou substances inhibent la biosynthèse induite des enzymes. Mais l'action de ces agents n'est pas élective : elle se traduit en général par une inhibition complète de la croissance et des synthèses [*cf.* (2), (3)].

Stanier et Lederberg (*loc. cit.*) ont constaté qu'aux doses inhibant la biosynthèse d'un enzyme, l'U. V. n'inhibait pas l'assimilation oxydative. Rouyer et Latarjet (4), puis Anderson (5) avaient d'autre part observé que le

(*) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Cancer Institute of the National Institutes of Health* des États-Unis d'Amérique.

(1) *J. Cell. Comp. Physiol.*, 36, 1950, p. 369.

(2) R. Y. Stanier, *Microb. Rev.*, 1951 (sous presse).

(3) J. Monod et M. Cohn, *Advances in Enzymology*, XIII, 1952 (sous presse).

(4) *Ann. Inst. Pasteur*, 72, 1946, p. 89.

(5) *J. Bact.*, 56, 1948, p. 403.

bactériophage pouvait se multiplier chez des bactéries ayant reçu des doses largement stérilisantes de rayonnement X ou U. V. Le rapprochement de ces observations suggère qu'à certaine dose le rayonnement U. V. peut avoir un effet relativement électif sur la biosynthèse des enzymes.

Nous avons comparé directement la biosynthèse de la β-galactosidase et la multiplication du bactériophage T2 chez des bactéries (*E. coli* « Bordet ») ayant reçu différentes doses de rayonnement U. V. Nous avons constaté que la capacité de synthétiser l'enzyme disparaît, en fonction de la dose d'U. V. reçue, beaucoup plus rapidement que le pouvoir de former de nouvelles particules du phage. On peut donc, avec une dose d'U. V. convenablement choisie, dissocier ces deux propriétés. Ce résultat est illustré par les données du tableau ci-dessous.

A. *Multiplication du bactériophage.*

	I. Bactéries témoins.	II. Bactéries irradiées.
Nombre total de bactéries par millilitre au début de l'expérience	45.10^6	45.10^6
Bactéries viables par millilitre	45.10^6	$7,5.10^2$
Bactériophages T_2 ajoutés par millilitre	$2,38.10^6$	$2,38.10^6$
Temps d'adsorption	5 mn	5 mn
Bactériophages non adsorbés	$0,92.10^6$	$1,10.10^6$
Bactériophages adsorbés (φ total-φ non adsorbés)	$1,46.10^6$	$1,28.10^6$
Multiplicité de l'infection	0,032	0,027
Centres infectieux au cours de la phase latente (moyenne)	$2,34.10^6$	$2,28.10^6$
Bactériophages inactivés (φ total-centres infectieux au cours de la phase latente)	$0,04.10^6$	$0,10.10^6$
Nombre de bactériophages à la fin de l'expérience	58.10^6	31.10^6
Rendement unitaire moyen $\left(\frac{\varphi \text{ total-}\varphi \text{ initial}}{\varphi \text{ adsorbés}}\right)$	39	22

B. *Synthèse de la β-galactosidase.*

Quantité de β-galactosidase formée au bout d'une heure en présence de β-méthyl galactoside ($M.10^{-3}$) comme inducteur, exprimée en mμM d'*o*-nitrophénylgalactoside hydrolysé, par minute et par milligramme de bactéries sèches	910	0

Suspension de bactéries (10^9 par ml) cultivées sur milieu synthétique (maltose aliment limitant) divisée en deux fractions (I et II), dont l'une est irradiée. Immédiatement après l'irradiation, addition de bactériophages et de maltose d'une part (suspension A), de β-méthylgalactoside et de maltose d'autre part (suspension B). Multiplication du phage suivie par la technique à un cycle après dilution convenable. Température 37°.

Chez les bactéries qui ont reçu 2000 ergs : mm² d'U. V. (2537 Å), le rendement en bactériophages T2 n'est diminué que de 40 %, tandis que la synthèse de la β-galactosidase est entièrement inhibée. Une quantité de galactosidase atteignant le millième de la quantité présente dans le témoin serait encore aisément décelable. L'irradiation de l'enzyme lui-même (*in vivo* ou *in vitro*) par des doses 10 à 20 fois supérieures, ne provoque qu'une très faible perte d'activité.

L'inhibition de la biosynthèse de l'enzyme ne peut pas être attribuée à un effet global sur le métabolisme énergétique ou le métabolisme des synthèses, puisqu'un tel effet devrait se manifester d'une façon au moins aussi marquée dans la multiplication du bactériophage. Dans ces expériences, nous observons un effet immédiat et non un effet différé (génétique) de l'irradiation. Il faut donc penser que les constituants cellulaires intéressés ont un rôle *fonctionnel* plus ou moins immédiat dans la synthèse de l'enzyme. Comme les constituants cellulaires qui absorbent le rayonnement U. V. sont principalement les nucléoprotéines, on ne peut pas manquer de remarquer que le bactériophage, en pénétrant dans les bactéries *irradiées*, apporte une nucléoprotéine *non irradiée*, ce qui permet sans doute de comprendre pourquoi l'irradiation n'a pas les mêmes conséquences pour la synthèse de la protéine-enzyme que pour celle de la protéine-phage.

TOXICOLOGIE. — *Action anti-toxique de la cortisone*. Note (*)
de MM. **Fernand Boyer** et **Louis Chedid**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La cortisone injectée par voie sous-cutanée à dose suffisante (2 mg), protège la Souris contre une dose mortelle de toxine de *Salmonella typhi*. Dans les mêmes conditions expérimentales, cette hormone n'exerce aucune action contre la toxine diphtérique.

Nous avons récemment signalé l'action protectrice de la cortisone vis-à-vis de l'infection expérimentale de la Souris par *Salmonella typhi* [1]. Cette action nous semblait liée à l'effet anti-toxique de cette hormone vis-à-vis de l'antigène glucidolipidique.

Les résultats que nous exposons ci-dessous confirment cette manière de voir et apportent de nouvelles précisions sur l'action de la cortisone et les doses à utiliser.

Cette neutralisation ne s'exerce pas avec toutes les toxines microbiennes. En effet la virulence de la toxine diphtérique n'est pas diminuée par la cortisone.

(*) Séance du 5 novembre 1951.

(1) L. Chedid, F. Boyer et M. Saviard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 713.

1. *Action de la cortisone vis-à-vis de la toxine diphtérique* (²).

TABLEAU I.

Nombre de Souris.	Toxine diphtérique.	Cortisone (mg).	Survies 48 h.
Témoins : 20..........	0,5 cm³ sous-cutanée	–	0
Traitées : 20..........	0,5 »	2	0
Témoins : 10..........	0,5 »	–	2 (mortes le 4ᵉ jour)
Traitées : 10..........	0,5 »	5	0
Témoins : 10..........	0,25 »	–	2 (mortes le 4ᵉ jour)
Traitées : 10..........	0,25 »	5	1 (morte le 4ᵉ jour)

La toxine diphtérique utilisée dans ces expériences titre 50 unités. Pour obtenir la mort de 100 % des souris, nous avons dû leur injecter, sous la peau, 0,25 à 0,5 cm³ de toxine. La cortisone a été injectée par voie sous-cutanée, 1 h avant la toxine.

2. *Action de la cortisone vis-à-vis de la toxine de* Salmonella typhi (²). — L'action protectrice de la cortisone contre l'infection à *Salmonella typhi* est moins marquée que celle du chloramphénicol. En traitant des souris infectées par voie sous-cutanée avec 1 cm³ d'une culture à la 16ᵉ heure, nous obtenons les résultats suivants :

Souris témoins..................................	0 %	de survie au 8ᵉ jour
Souris traitées avec la cortisone (2 à 5 mg).........	40	» »
Souris traitées avec le chloramphénicol (10 mg).....	100	» »

La cortisone, aux doses utilisées, est donc moins active vis-à-vis de ce germe que le chloramphénicol.

Plusieurs expériences réalisées sur 150 souris nous montrent qu'il en est autrement contre la toxine de ce germe (antigène O et antigène Vi).

Nous obtenons, en effet, les résultats suivants :

Témoins non traités : 20 % de survies en 48 h.
Traitées avec cortisone (1 à 5 mg) : 77 % de survies en 48 h.
Traitées avec chloramphénicol (10 mg) : 57 % de survies en 48 h.

Le tableau II rend compte des résultats obtenus dans une expérience comparative entre la cortisone à différentes doses et le chloramphénicol vis-à-vis des deux antigènes O et Vi.

Jackson et Smadel (³) n'ont pas obtenu de résultat favorable vis-à-vis de la toxine de *Salmonella typhi* en injectant en une fois des doses totales de cortisone

(²) MM. LAFFAILLE et CORVAZIER nous ont fourni respectivement la toxine diphtérique et l'antigène glucido-lipidique utilisés dans ces expériences.

(³) *Bact. Proc.* (*Soc. Am. Bact.*), 1950, p. 92.

variant entre 0, 1 et 1,25 mg. Avec la plus forte dose utilisée par ces auteurs (0,25 mg d'hormone par injection), nous n'avons pu mettre en évidence aucune action. Pour protéger les souris, il faut en effet environ 2 mg de cortisone. Une seule administration une heure avant l'injection de la toxine suffit.

TABLEAU II.

Antigène glucido-lipidique (1 mg par voie intrapéritonéale).

		Nombre d'animaux.	Traitement.	Nombre de survies 48 h.	Nombre de survies 6 j.
Antigène O (Ty II).	Témoins.....	10	–	2	2
	Traités......	10	Cortisone (2 mg)	10	9
	»	10	Cortisone (4 mg)	10	9
	»	10	Chloramphénicol (10 mg per os)	8	6
Antigène Vi........	Témoins.....	10	–	0	0
	Traités......	10	Cortisone (2 mg)	9	7
	»	10	Cortisone (0,25 mg 1 h avant + 0,25 mg 16 h après)	0	0
	»	10	Chloramphénicol (10 mg per os)	5	4

Il est à noter que le chloramphénicol agit favorablement vis-à-vis de l'antigène de *Salmonella typhi*. D'autre part, 4 mg de cortisone n'ont pas amélioré les résultats obtenus avec 2 mg.

En conclusion, la cortisone exerce une action antitoxique marquée vis-à-vis de l'endotoxine. Ce fait semble expliquer son action contre l'infection à *Salmonella typhi*. Néanmoins, il faut l'utiliser à des doses suffisantes (environ 2 mg par souris).

Nous n'avons pu retrouver cette action avec la toxine diphtérique.

MICROBIOLOGIE. — *Symbiose des virus Coxsackie et Nicolas-Favre*. Note (*) de MM. **Constantin Levaditi**, **Aron Vaisman** et **François Dunoyer**, présentée par M. Gaston Ramon.

Comme suite à nos investigations antérieures concernant l'association possible entre le virus Coxsackie type B encéphalitogène et divers autres ultragermes, nous avons étudié le problème de la symbiose entre cet ultravirus Coxsackie (Co) et celui de la lymphogranulomatose inguinale (NF) (maladie de Nicolas-Favre). Ce problème fait l'objet de la présente Note. Nous traiterons d'abord de la virulence et des caractéristiques histopathologiques du virus NF

(*) Séance du 15 octobre 1951.

chez les souriceaux nouveau-nés, ensuite de l'association Coxsackie (Co) et lymphogranulomatose inguinale (NF).

1. Réceptivité des souriceaux a l'égard du virus NF. — Un lot de souriceaux, âgés de 3 à 4 jours, est contaminé, par voie transcrânienne, avec le virus NF provenant de cinq souris adultes, infectées par la même voie et sacrifiées le 15e jour (lésions positives). Ce lot de souriceaux comportait huit sujets, qui sont morts les 2e, 5e, 12e et 13e jours, ou ont été sacrifiés le 19e jour. Tous ont présenté les altérations caractéristiques d'encéphalite mésenchymateuse [*Cf.* Levaditi et coll. (1)], soit méningite, plexite, périvascularite, foyers inflammatoires discrets, dilatation ventriculaire. La seule différence entre les lésions des souriceaux et celles des souris adultes a consisté en l'intensité supérieure des premières par rapport aux secondes. Jamais, en effet, nous n'avons constaté de dilatations ventriculaires aussi développées chez les souris adultes que celles offertes par les souriceaux.

2. Symbiose. — *Technique.* — La primo-inoculation chez les souriceaux nouveau-nés a été effectuée avec un mélange, à parties égales, de virus Co (émulsion cérébrale de huit souriceaux morts ou sacrifiés du 3e au 6e jour) et du virus NF (même émulsion de trois cerveaux de souris adultes). Dilution au 1/10, administrée par voie transcranienne. Quatre passages consécutifs ont été réalisés à partir de cette primo-contamination, d'une part sur des lots de souriceaux à la mamelle, d'autre part sur d'autres lots de souris adultes. Nous avons, de la sorte, détecté le virus NF aussi longtemps qu'il fut présent dans le névraxe des souriceaux en association avec le virus Co.

Résultats. — 1° Primo-inoculation. — *a. Souriceaux, test-Coxsackie.* — Six sujets, sacrifiés agonisants le 6e jour. Lésions caractéristiques : 6/6.

*b. Souris adultes, test-*NF. — Cinq souris mortes le 7e et le 19e jour, ou sacrifiées le 23e. Altérations typiques NF : 5/5.

2° Premier passage. — *a. Souriceaux, test-Coxsackie.* — Huit animaux sacrifiés agonisants le 3e jour. Lésions caractéristiques : 8/8.

*b. Souris adultes, test-*NF. — Cinq sujets morts du 6e au 9e jour, ou sacrifiés le 16e. Altérations typiques NF : 5/5.

3° Second passage. — *a. Souriceaux test-Coxsackie.* — Cinq jeunes souris sacrifiées le 3e jour. Modifications histologiques intenses : 5/5.

*b. Souris adultes, test-*NF. — Au nombre de cinq, une morte le 4e jour, les autres sacrifiées le 17e. Lésions typiques NF : 5/5.

4° Troisième passage. — *a. Souriceaux, test-Coxsackie* — Sept sujets, sacrifiés agonisants le 3e jour. Modifications histo-pathologiques marquées : 7/7.

*b. Souris adultes, test-*NF. — Mortes du 7e au 11e jour, ou sacrifiées le 16e. Lésions positives type NF : 3/5.

(1) *Ultravirus des maladies humaines*, 2e édit., Maloine, édit., 1948.

5° QUATRIÈME PASSAGE. — *a. Souriceaux, test-Coxsakie.* — Au nombre de huit, sacrifiés agonisants le 3ᵉ jour. Altérations intenses 8/8.

b. Souris adultes, test-NF. — Au nombre de cinq, toutes survivantes et sacrifiées le 12ᵉ jour. Absence totale de lésions type NF.

L'ensemble de ces données est condensé dans le Tableau ci-dessous.

Primo-inoculation et passages.	Souriceaux. Test-Coxsackie. Total des animaux.	Morts ou sacrif. agonis. (en jours).	Lésions cérébrales Coxsackie +++.	+—.	0.	Total.	Souris adultes. Test-Nicolas-Favre. Total des animaux.	Mortes ou sacrif. (en jours).	Lésions cérébrales Nicolas-Favre +++.	+—.	0.	Total.
Primo-inoculation...	6	S. 6ᵉ	6	o	o	6/6	5	M. 7ᵉ au 19ᵉ S. 23ᵉ	5	o	o	5/5
Premier passage....	8	S. 3ᵉ	8	o	o	8/8	5	M. 6ᵉ au 9ᵉ S. 16ᵉ	5	o	o	5/5
Deuxième » ..	5	S. 3ᵉ	5	o	o	5/5	5	M. 4ᵉ S. 17ᵉ	5	o	o	5/5
Troisième » ..	7	S. 3ᵉ	7	o	o	7/7	5	M. 7ᵉ au 11ᵉ S. 16ᵉ	3	o	o	3/5
Quatrième » ..	8	S. 3ᵉ	8	o	o	8/8	5	S. 12ᵉ	o	o	5	o/5

Voici les conclusions qui se dégagent des faits observés :

1° les souriceaux à la mamelle réagissent comme les souris adultes à l'inoculation intra-cérébrale du virus NF. Le taux de mortalité est à peu près le même, mais l'intensité des modifications histo-pathologiques de l'encéphale, en particulier la dilatation ventriculaire, est de beaucoup plus intense chez les jeunes souris que chez les animaux adultes;

2° les tests sur les souris adultes montrent que l'association entre les ultragermes Co et NF est parfaitement possible lors de la primo-inoculation et au cours des deux premiers passages;

3° au troisième transfert un certain effacement du virus NF est constaté, alors que l'encéphalite Coxsackie continue à évoluer chez les souriceaux;

4° enfin, au cinquième passage, l'ultragerme Coxsackie supprime totalement l'infection encéphalique provoquée par le virus NF.

CONCLUSION. — *La symbiose entre le virus Coxsackie et celui de la lymphogranulomatose inguinale est possible lors de la primo-inoculation et au cours des deux premiers transferts. A partir du troisième passage le premier de ces virus supplante le second et le supprime d'abord partiellement, ensuite intégralement.*

IMMUNOLOGIE. — *Sur un transfert local de l'allergie tuberculinique*. Note de MM. **Raoul Kourilsky** et **Guy Decroix**, présentée par M. Gaston Ramon.

Il a été, jusqu'ici, impossible de mettre en évidence un anticorps responsable de l'hypersensibilité tuberculinique. Cependant, Chase (1) a démontré que l'apparition de cette sensibilité pouvait être provoquée par l'introduction dans l'organisme, de cellules allergiques, en quantité suffisante, provenant d'un exsudat péritonéal du cobaye, accessoirement des ganglions et de la rate.

Ces résultats ont été confirmés par Kirchheimer et Weiser (2), Stavitsky (3), Metaxas et Metaxas-Buhler (4).

Nous avons pu démontrer que l'introduction d'un mélange de tuberculine et de ganglions lymphatiques broyés, provenant d'un animal allergique, est capable de provoquer dans le derme d'un animal sain, une réaction inflammatoire, macroscopiquement et histologiquement comparable à la réaction allergique obtenue chez le Cobaye tuberculisé par injection intradermique de tuberculine.

Notre technique a été la suivante :

Des cobayes sont rendus allergiques par injection dans les muscles de la nuque, d'une émulsion de paraffine liquéfiée à 45° de bacilles humains et bovins (souche bovine Vallée), cultivés sur pomme de terre, tués par la chaleur, selon la technique, pour la première fois, décrite par Coulaud avec la paraffine chaude (5), puis par Saenz, avec l'huile de vaseline (6) et confirmée plus tard, par Freund et ses collaborateurs (7).

On utilise le produit de raclage de trois cultures de bacilles bovins et de trois cultures de bacilles humains.

La totalité est émulsionnée dans 10 cm³ de paraffine liquéfiée; 1 cm³ de la suspension est injecté à un cobaye de 400 g. Les animaux présentent une forte allergie en 4 à 6 semaines.

Ils sont alors sacrifiés et l'on prélève, au niveau des chaînes lymphatiques cervicales, 8 à 10 ganglions (poids total 0,25 g).

Ces ganglions sont broyés aseptiquement dans un mortier à l'aide d'une compresse et le broyat ainsi obtenu est émulsionné dans 5 cm³ d'eau physiologique.

---

(1) *Proc. Soc. Exp. Biol. Méd.*, 59, 1945, p. 134-136.

(2) *Proc. Soc. Exp. Biol. Méd.*, 66, 1947, p. 166, 170.

(3) *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.*, 67, 1948, p. 225-227.

(4) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 69, 1948, p. 163-165.

(5) *C. R. Soc. Biol.*, 119, 1935, p. 368-463 et *Bull. Acad. Med.*, 115, 1936, p. 232.

(6) *C. R. Soc. Biol.*, 120, 1935, p. 870-1050; 125, 1937, p. 714.

(7) J. Freund, J. Casals et E. P. Hosmer, *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.*, 37, 1937, p. 509, 513.

Dix-neuf gouttes de cette émulsion sont alors additionnées d'une goutte de tuberculine brute danoise Madsen 32 et le mélange est laissé en contact 1/4 d'heure à la température du laboratoire.

Après agitation, 1/10 de centimètre cube de ce mélange est injecté dans le derme de cobayes normaux de 300 g environ (sexe indifférent).

En 24 à 48 heures, selon les cas, apparaît à l'endroit de l'injection, une papule rouge, indurée, de 6 à 10 mm de diamètre, en moyenne. Cette réaction persiste, en général, pendant 4 à 5 jours. Cette réaction inflammatoire présente les mêmes caractères qu'une réaction intra-dermique à la tuberculine, chez un animal allergique. Cette identité est confirmée par les contrôles histologiques.

Les expériences ont porté, au total, sur plus de 100 cobayes. Les réactions observées sont schématisées dans le tableau suivant :

Réactions faiblement positives......	4 à 5 mm	12 %
» moyennes...............	6 à 7	28
» fortes....................	7 à 10	51
» négatives...............	0	9

L'injection de tuberculine, à la même concentration, ne provoque qu'une réaction insignifiante.

L'introduction de cellules ganglionnaires seules, détermine, comme Metaxas et Metaxas-Buhler l'ont remarqué, avec les cellules de l'exsudat péritonéal ([4]), une réaction inflammatoire, d'importance variable. Celle-ci s'est montrée, dans nos expériences, inférieure de 30 à 70 % à celle qui est provoquée par le mélange de cellules et de tuberculine. L'examen histologique montre que les réactions ne sont pas comparables.

La séance est levée à 15 h 45 mn.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1951 (*suite et fin*).

Le mouvement de récession des nébuleuses extra galactiques. Deuxième partie, par P. Drumaux, in *Acta Pontifica Academia scientiarum.* Vol. XIV. N° 8; 1 feuillet 24,5 cm.

Departamento de investigaciones sobre el cancer. Anexo al Instituto del Radium Juan Bruno Zayas. Memoria commemorativa del III aniversario de su fundacion. La Habana, 1951.

Les grandes fonctions de la chimie organique et leurs principales applications, par A. Willemart et R. Chaux. Paris, Dunod, 1952; 1 vol. 24,5 cm.

Documents nouveaux concernant Desargues, par René Taton, in *Archives internationales d'histoire des sciences*, n° 16, 1951; 1 fasc. 24 cm.

La réforme du calendrier, par l'abbé Chauve-Bertrand. Extrait du *Courrier de la normalisation*, n° 98, 1951. Paris, Éditions Oliven; 1 fasc. 27 cm.

Aluminium in the chemical and food industries. The British Aluminium C° Ltd, Londres, 1951; 1 vol. 25 cm.

Annali dell' Osservatorio Vesuviano. Quinta serie. Volume unico celebrativo del 1° centenario dell' Osservatorio Vesuviano. Napoli, Stabilimento tipographico G. Genovese, 1949; 1 vol. 24,5 cm.

Proceedings of the Seventh Pacific Science Congress of the Pacific Science Association. Held at Auckland and Christchurch, New Zealand, 2nd february to 4th march, 1949; vol. I. Wellington, 1951; 1 vol. 24,5 cm.

Spis zagranicznych biologicznich czasopism i wydawnictw cyaglych znajdujacych sie w bibliotekach polskich. Materialy bibliograficzne, par Aniela i Aleksander Szwejcerowie. Warszawa-Lodz, 1951; 1 vol. 25 cm.

Neomycin : Results of clinical use in ten cases, by Garfield G. Duncan, Carl F. Clancy, John R. Wolgamot, Barkley Beidleman, in *The Journal of the American Medical Association.* Vol. CXLV, 1951; 1 fasc. 21,5 cm.

The clinical use of neomycin. A Preliminary Report, by John R. Wolgamot, Garfield G. Duncan; 1 feuillet 28 cm.

Mikrobiologie, eine selbständige Wissenschaft, von Selman A. Waksman, in *Naturwissens Chaftlichen Rundschau.* Heft 2, 1950; 1 feuillet 29,5 cm.

Streptomycin and Neomycin an antibiotic approach to tuberculosis, by Selman A. Waksman, in *British Medical Journal*, 1950, vol ii; 1fasc. 22 cm.

Reprinted from *Antibiotics and Chemotherapy*. Vol. 1, number 1, 1951 : *Rhodomycin, an Antibiotic produced by a red — pigmented mutant of streptomyces griseus*, by GERALD SHOCKMAN and SELMAN A. WAKSMAN. *Antibiotics — a new field of science of life-saving drugs*, by SELMAN A. WAKSMAN. Vol. 1, number 2, 1951 : *The principle of screening antibiotic producing organisms. With a note concerning a modified procedure intended to yield certain special antibiotics*, by SELMAN A. WAKSMAN, HUBERT A. LECHEVALIER. Vol. 1. number 3, 1951 : *Distribution of antagonistic properties among actinomycetes isolated from different soils*, by J. W. ROUATT, M. LECHEVALIER, SELMAN A. WAKSMAN. New Jersey, Agricultural Experiment Station, Rutgers University; 4 fasc. 25,5 cm.

The Identity of the Neomycin complex, as Measured by Countercurrent Distribution and Microbiological Analyses, by E. AUGUSTUS SWART, HUBERT A. LECHEVALIER, SELMAN A. WAKSMAN, in *Journal of the American Chemical Society*, 73, 1951; 1 fasc. 27 cm.

The microbiologist looks at the soil, by SELMAN A. WAKSMAN. New Jersey Agricultural Experiment Station, Rutgers University, New Brunswick; 1 fasc. 24 cm.

La probabilité a priori (*et l'*a priori *en probabilité*), par ANDRÉ C. LAURENT. Exposé fait à Cambridge, le 23 septembre 1951, devant la Royal Statistical Society; 1 fascicule polycopié 27 cm.

Plant Embryology. Embryogeny of the spermatophyta, by DONALD ALEXANDER JOHANSEN. Waltham, Chronica Botanica Company, s. d.; 1 vol. 27 cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 NOVEMBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **C. J. Gorter**, Directeur du Laboratoire Kamerlingh Onnes, vice-président de l'Académie royale de Hollande, qui assiste à la séance.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la transmission d'un caractère héréditaire dans les générations successives.* Note de M. **Émile Borel**.

Esquisse d'une étude statistique de la répartition d'un caractère chromosomique ou conventionnel dans des générations successives d'une population stationnaire.

D'après la théorie de l'hérédité généralement admise, il y a une chance sur deux pour qu'un chromosome déterminé de l'un des parents soit transmis à l'un des enfants. Il en est de même pour ce caractère conventionnel qu'est le nom de famille, que le père transmet à ses fils et non à ses filles mariées (1). Si l'on considère, pour simplifier, une population stationnaire (2), on voit immédiatement que le nombre moyen des individus possédant un chromosome déterminé (ou un même nom de famille) reste le même dans les générations successives.

---

(1) Nous admettons, bien que cela ne soit pas rigoureusement exact, que la probabilité est la même pour les naissances masculines et féminines; il faudrait, d'ailleurs, pour être rigoureux, introduire la probabilité pour que le fils ou la fille arrive à l'âge adulte et puisse lui-même avoir des descendants.

(2) Cette hypothèse est moins arbitraire qu'elle ne le paraît; sur l'ensemble du globe et au cours des siècles, la population ne peut augmenter que très lentement; si elle doublait en un siècle (ce qui a été effectivement constaté pour certaines régions), elle serait multipliée par un million en vingt siècles, ce qui est aussi absurde dans l'avenir que dans le passé.

Si cependant on considère une population de quelques millions d'hommes dont chacun aurait un nom de famille différent, il est évident qu'en raison des fluctuations que prévoit le calcul des probabilités, une proportion importante de ces noms s'éteint assez rapidement, tandis que la fréquence de ceux qui ne s'éteignent pas tend naturellement à augmenter. On arriverait même, si l'on traitait le problème abstraitement, sans tenir compte de la brièveté relative de la durée de l'espèce humaine, à cette conclusion singulière, qu'au bout d'un temps très long, un seul nom de famille subsisterait pour tous les hommes d'une même nation, sinon du monde entier. Mais si l'on veut rester dans les limites du possible et du réel, on devra se borner à l'étude d'un petit nombre de siècles, disons de moins d'une centaine de générations, en comptant, pour fixer les idées, trois générations par siècle.

Le problème peut alors se poser sous la forme suivante, en admettant, pour simplifier, que chaque couple a plusieurs enfants, parmi lesquels deux seulement vivent assez longtemps pour procréer à leur tour. Cette hypothèse simplificatrice donnera des résultats exacts, en moyenne, c'est-à-dire des probabilités s'appliquant à un très grand nombre de groupes analogues au groupe étudié.

Nous considérons donc un petit nombre n d'hommes adultes, mariés, et portant le même nom de famille (ou possédant tous un même chromosome déterminé); on pourra calculer, pour chaque valeur de n, ($n = 1, 2, 3, 4, \ldots$) la probabilité P_k^n pour que, au bout d'une, deux, trois, quatre générations, le nombre des hommes portant ce nom de famille ait une valeur donnée k, qui pourra être zéro. Comme nous l'avons dit, on admettra que chacun des n hommes de la première génération a seulement deux enfants arrivant à l'âge de procréer (nous ne tenons pas compte des autres enfants) et chacun des deux a des chances égales d'être un garçon ou une fille. Il en sera de même pour les générations suivantes. Il est évident que l'on a, avec ces hypothèses :

$$P_0^1 = \frac{1}{4}, \qquad P_1^1 = \frac{1}{2}, \qquad P_2^1 = \frac{1}{4},$$

$$P_0^2 = \frac{1}{16}, \qquad P_1^2 = \frac{4}{16}, \qquad P_2^2 = \frac{6}{16}, \qquad P_3^2 = \frac{4}{16}, \qquad P_4^2 = \frac{1}{16}, \qquad \ldots.$$

Tels sont les résultats pour la première génération. Si l'on désigne par la lettre Q les probabilités pour la seconde génération, on aura, par exemple

$$Q_0^2 = P_0^2 + P_1^2 P_0^1 + P_2^2 P_0^2 + P_3^2 P_0^3 + P_4^2 P_0^4,$$
$$Q_1^2 = P_1^2 P_1^1 + P_2^2 P_1^2 + P_3^2 P_1^3 + P_4^2 P_1^4.$$

On voit que les calculs sont simples, mais deviendraient rapidement assez pénibles.

Il serait intéressant de rechercher s'il est possible d'abréger ces calculs et de trouver des formules simples pour certains des coefficients de probabilité.

Je me bornerai à donner quelques valeurs des coefficients Q de la seconde génération

$$Q_0^1 = \frac{5^2}{2^6};\quad Q_0^2 = \frac{5^4}{2^{12}};\quad Q_0^3 = \frac{5^6}{2^{18}};\quad Q_0^4 = \frac{5^8}{2^{24}};\quad \ldots$$

$$Q_1^1 = \frac{5}{2^4};\quad Q_1^2 = \frac{5^3.2}{2^{10}};\quad Q_1^3 = \frac{5^5.3}{2^{16}};\quad Q_1^4 = \frac{5^7.4}{2^{22}};\quad \ldots$$

$$Q_2^1 = \frac{7}{2^5};\quad Q_2^2 = \frac{2.11.5^2}{2^{11}};\quad Q_2^3 = \frac{3.15.5^4}{2^{17}};\quad Q_2^4 = \frac{4.19.5^6}{2^{23}};\quad \ldots$$

Les raisons pour lesquelles les dénominateurs sont des puissances de 2 sont évidentes; mais la présence des puissances de 5 aux numérateurs est moins aisément explicable.

Les résultats obtenus pourraient être utilisés pour l'étude de la fréquence des divers noms de famille dans une grande ville, dans un pays et dans les pays voisins et, par voie de conséquence, des déplacements de populations.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le diphénylnaphtacène péri.*

Note (*) de MM. **Charles Dufraisse**, **André Étienne** et **Jean Jolly**.

La réduction du dichloro-10.11 diphényl-9.12 naphtacène conduit au chloro-10 diphényl-9.12 naphtacène, au diphényl-9.12 naphtacène (isomère péri) ainsi qu'à son dihydrure. On compare le spectre ainsi que le photooxyde du diphénylnaphtacène péri, à ceux des 2 isomères dia et antio déjà connus.

Dès que nous avons eu entre les mains (1) le dichloro-10.11 diphényl-9.12 naphtacène, I, nous nous sommes préoccupés d'éliminer les deux chlores en vue d'obtenir pour la première fois un hydrocarbure naphtacénique ayant en péri deux restes hydrocarbonés, en l'espèce deux phényles.

Un premier chlore est facilement et nettement remplacé par l'hydrogène sous l'action du zinc en acide acétique. Le dérivé monochloré, II, ($C_{30}H_{19}Cl$), obtenu ainsi avec de hauts rendements, se présente en feuillets brillants orangés, F_{inst} 202-203°. Il donne des solutions colorées à fluorescence verte, offrant le système habituel des bandes d'absorption dans le visible avec quatre maxima : 4195, 4470, 4755, 5080 Å (en benzène).

Le deuxième chlore ne part que plus difficilement et il n'est pas attaqué dans les conditions indiquées ci-dessus. On a réussi à l'éliminer par le couple zinc-cuivre en alcool (2), mais alors l'action hydrogénante est difficile à arrêter au premier stade et le diphénylnaphtacène, III, résultant, est fortement souillé d'hydrure incolore. Dans ces conditions, on a renoncé à préparer

---

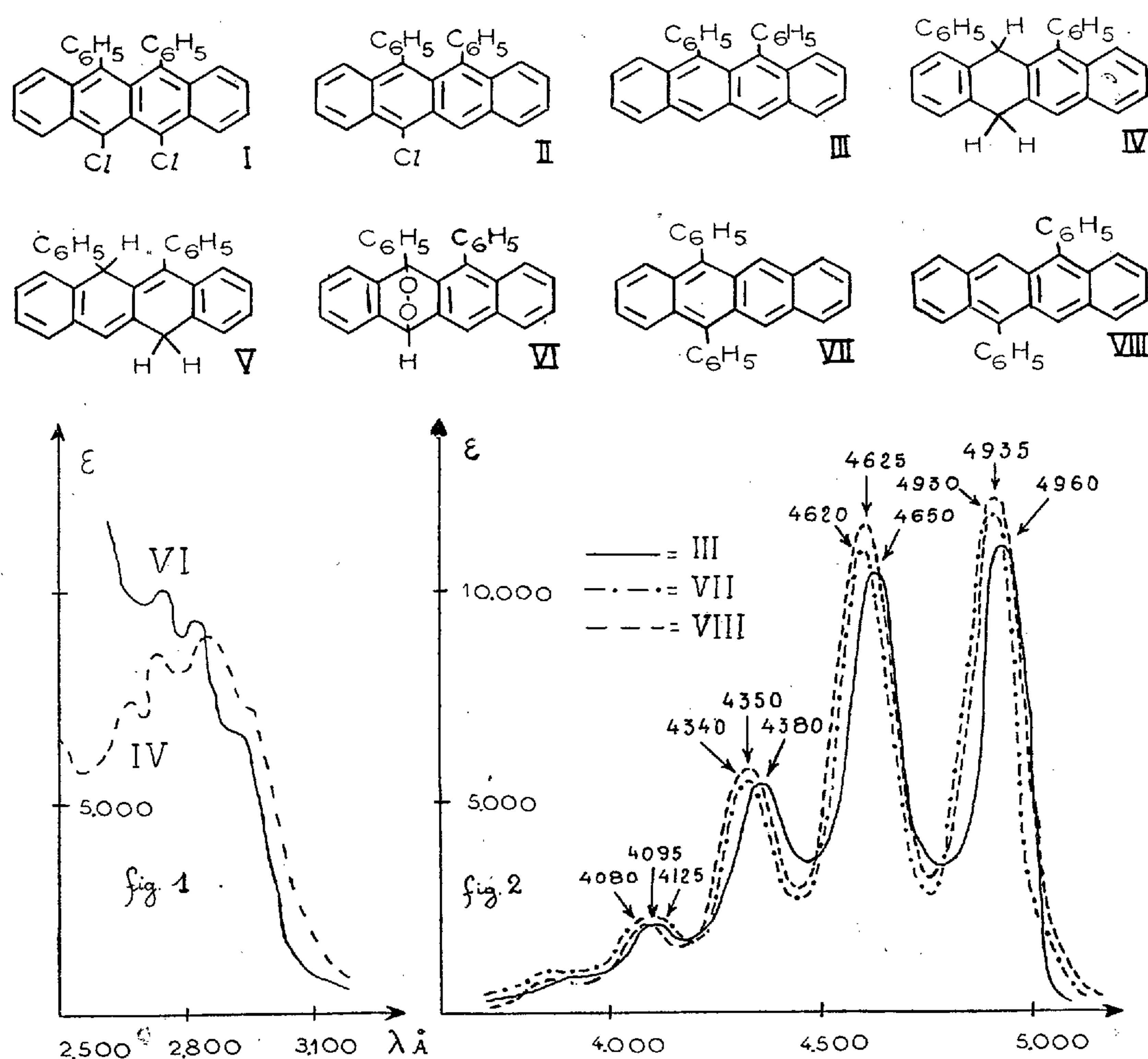
(*) Séance du 29 octobre 1951.

(1) Ch. Dufraisse, A. Étienne et J. Jolly, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 5; J. Jolly, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1072.

(2) F. Straus, *Liebigs Annalen Chem.*, 342, 1905, p. 238.

directement le naphtacène; on le forme en retour par déshydrogénation de l'hydrure.

Le dihydrure ($C_{30}H_{22}$) cristallise du cyclohexane en tables incolores, F_{inst} 199-200°. Nous n'avons pas les éléments d'un choix, pour la structure de ce corps, entre les deux formules, IV et V, correspondant à une isomérie antio-dia. Son spectre (*fig.* 1), comparé à celui du photooxyde, VI, nous permet seulement de confirmer la structure dihydrogénée.



Pour atteindre l'hydrocarbure, III, objet final du travail, on déshydrogène l'hydrure par la litharge à 305°. Le diphényl-9.12 naphtacène, ($C_{30}H_{20}$), III, ainsi obtenu, présente le phénomène de dimorphisme : il cristallise du cyclohexane, soit en aiguilles jaunes, F_{inst} 258-259°, soit en prismes orangés offrant un double point de fusion (1re F_{inst} 242°, suivie de recristallisation, puis d'une 2e F_{inst} 259°). Ses solutions, fortement fluorescentes, présentent quatre maxima d'absorption : 4125, 4380, 4650, 4960 Å.

Ce corps représente le dernier des trois isomères prévus par la théorie, pour les mésodiphénylnaphtacènes, les deux autres étant, dans l'ordre de leur découverte, l'isomère dia ([3]), VIII, et l'isomère antio ([4]), VII. Tous les trois se ressemblent d'une manière étonnante par leurs couleurs, leurs spectres d'absorption (en benzène) (*fig.* 2) et leurs propriétés photochimiques; on note toutefois un léger décalage (30 Å environ) vers les grandes longueurs d'onde en faveur du nouvel isomère ([5]).

La photooxydation en sulfure de carbone, très rapide comme celle des deux autres, donne un photooxyde ($C_{30}H_{20}O_2$), VI, incolore, fondant instantanément à 230°-232°, mais explosant à 155° sans dégagement gazeux, quand il est chauffé lentement. Il se comporte ainsi comme ses isomères, démontrant, une fois de plus, que la présence d'atomes d'hydrogène sur les mésosommets est une entrave à la libération de l'oxygène.

Observons en terminant que ce mode tout à fait exceptionnel d'obtention d'hydrocarbures naphtacéniques bisubstitués en péri ne tire d'intérêt que de sa signification théorique ([1]), car il est bien trop limité dans ses possibilités pour une préparation pratique. Fort heureusement, nous disposons maintenant, pour accéder aux corps de cette sorte, d'une méthode régulière, tout autre, dont la publication est en cours ([6]).

MYCOLOGIE. — *Le nouvel ordre des Gloeohaustoriales.* Note de M. Roger Heim.

En collaboration avec M. H. Buchli ([1]), nous avons signalé l'existence d'un Champignon conidiosporé attaquant le Termite du Saintonge dans la région de La Rochelle et fourni quelques indications sur le comportement de ce parasite pour lequel nous avons créé le genre *Antennopsis* Heim. Nous avons montré, avec M. H. Buchli, le triple effet du parasite sur l'Insecte qu'il affaiblit et dont il ralentit les mouvements, dont il rend la mue difficile, enfin qu'il gêne dans ses déplacements par suite de la sécrétion par les cellules fongiques d'une substance muqueuse qui forme un enduit visqueux au contact duquel les divers organes des Termites se collent l'un à l'autre.

Rappelons que ce Champignon, *Antennopsis gallica* Heim et Buchli, comporte essentiellement une paire de colonnettes subrectilignes, atteignant 100-140 μ (et jusqu'à 185 et même 215 μ) de haut, formées de l'étagement de cellules cylindracées, dont le nombre peut

---

([3]) Ch. Dufraisse et M. Loury, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1673.

([4]) Ch. Dufraisse et R. Horclois, *Bull. Soc. Chim.*, (5e série), 3, 1936, p. 1894.

([5]) Les spectres ont été déterminés tous les trois, dans les mêmes conditions, au spectrophotomètre enregistreur Cary.

([6]) Ch. Dufraisse, A. Etienne et R. Bucourt, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2061.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 277.

atteindre 40, à membrane épaisse et brune, larges de 4–5,5 μ; chacune de ces files cellulaires est terminée par une tête sporifère plus large (8-15 μ), septée transversalement en une dizaine de loges (très rarement jusqu'à 19). Ces *colonnettes conidifères*, simples, exceptionnellement bifides, sont toujours jumelées mais indépendantes, chacune d'elles émanant de l'une des deux cellules centrales de *capsules haustoriales* ellipsoïdes aiguës, tétraloculaires, de taille relativement constante (21-26 × 8-9 μ), adhérant fortement au revêtement de l'Insecte par un subiculum plan formant ventouse. Aucune altération d'ordre histologique n'est décelable. L'épaisseur des membranes n'autorise guère la mise en évidence des noyaux, qui sont très petits, difficilement discernables, probablement au nombre de un par cellule.

Si ce Champignon, en raison de la définition artificielle des Hyphomycètes, semblerait devoir être inclus dans ce vaste tiroir, quelques particularités remarquables le distinguent des Hyphales et, plus précisément, des Dématiées auxquelles la coloration membranaire des conidiophores et des conidies inciterait à le rattacher.

Tout d'abord, le Champignon ne montre aucun élément mycélien, ni interne au support, ni superficiel, et les conidies semblent rebelles à la germination. Par contre, il est caractérisé par la haute différenciation organique d'un élément dont la nature et la signification nous apparaissent très particulières : la *capsule haustoriale*, de forme biogivale, toujours tétraloculaire, à épaisse membrane brune, et qui semble assimilable à une spore d'un type adaptatif très spécial. Cette capsule, avant de choir selon sa plus grande surface sur le corps de l'Insecte, rappelle, un ellipsoïde dont les deux pôles ont la même valeur; et ils la garderont. Le contact avec le tégument du Termite provoque la formation par réaction tropique d'une mucosité et d'une auréole, sensible au bleu coton, autour de la spore non pigmentée, à membrane simple et fortement colorable aux bleus acides; ensuite le subiculum adhésif se précise. Avant même que la tégumentation de la capsule soit achevée ou même perceptible. les deux cellules *centrales* entrent en germination, plus ou moins synchroniquement, par un large pore préexistant, ce qui élimine un rapprochement avec des ascospores de Laboulbeniales. Les larges filaments émis se pigmentent rapidement, avant même les capsules; leurs cellules basales, régulièrement lagéniformes, montrant une épaisse membrane fortement pigmentée. Ainsi cette spore, d'origine extérieure à l'Insecte, apparaît préadaptée, par ses caractères de symétrie et son pouvoir adhésif, à son futur support, c'est-à-dire aux conditions de vie entomophage d'une partie au moins du cycle de l'espèce.

L'ensemble de ces particularités nous amène à rapprocher ce Champignon d'un groupe de formes entomophages que Thaxter a décrites et figurées, les plaçant parmi les Hyphomycètes (²).

(²) R. Thaxter, *The Botan. Gaz.*, 58, n° 3, pl. XVI-XIX, 1914, p. 235-252.

L'*Hormiscium myrmecophilum* de Thaxter comprend des files cellulaires se fragmentant et proliférant comme l'*Antennopsis*, mais ici on n'observe ni conidies terminales, ni haustorie différenciée. La base du Champignon, opaque et indurée, est peu adhérente au tégument, ce qui incite Thaxter à s'étonner du succès de cette fixation, « étant donné la propreté des *Pseudomyrmex* attaqués ». La présence de quelque sécrétion visqueuse produite vraisemblablement par les hyphes en paraît l'explication. Ce Champignon, s'il rappelle les Dématiées des genres *Hormiscium* et *Hirudinaria*, évoque aussi les filaments de Rhodophycées du groupe des *Chantransia*, comme l'*Acrochætium subpinnatum*. Thaxter les avait déjà rapprochées des chaînes cellulaires du genre *Cladophora*. Mais il s'agit là d'une simple similitude morphologique.

Le genre *Chantransiopsis* Thax., sur Staphilinides, est aussi proche de l'*Antennopsis* malgré l'absence de pigment, les ramifications des colonnettes, les conidies simples (pareillement terminales), la base pédiforme, épaisse, noire, mal différenciée, rappelant celle des Laboulbeniales. Les spores, qui ressemblent à celles des Mucédinées des genres *Monosporium* et *Ophiocladium*, possèdent une exospore gélifiable dont le mucus autorise l'adhésion facile au support et elles naissent successivement par voie endogène, laissant à leur base une collerette. Le stipe, crustacé-noir, s'enfonce dans le corps même de l'Insecte. Une certaine analogie rapproche ces Champignons, notamment le *Chantransiopsis decumbens* Thax., de certains *Acrochætium*, comme l'*Acr. Dasyæ*, pareillement asexué.

Dans le genre *Muiaria* Thax., sur Diptères, les houppettes de filaments bruns produisent des dictyospores brunes rappelant les conidies de *Macrosporium* parmi les Hyphomycètes Dématiées, mais aussi les sporanges pluriloculaires de certaines Phæophycées du genre *Ectocarpus*. Thaxter a signalé que la rupture du conidiophore conduit à une nouvelle prolifération endogène produisant une spore de seconde génération, elle-même suivie par de nouvelles et successives conidies. Ce mode de prolifération est, en somme, commun à ces divers genres, décrits par Thaxter, et à l'*Antennopsis*. On pourrait le rapprocher du mode de formation endogène des files cellulaires stériles, assimilées à des poils, qu'offrent certaines Phæophycées. Il rappelle encore le mode de division des cellules dans les filaments d'*Œdogonium*, où subsiste un emboîtement de collerettes dérivant pareillement d'une formation d'origine interne des nouvelles cellules. Mais ces vagues ressemblances supporteraient mal un plus intime rapprochement. Plus vraisemblable serait la supposition d'une parenté avec les Laboulbeniales, dont les *Muiaria* notamment, à cône d'implantation comparable, seraient des formes incomplètes.

Enfin, le genre *Muiogone* de Thaxter, sur *Chromopterus*, porte des conidies que celui-ci a rapprochées des phæodictyospores des *Sporodesmium*

parmi les Dématiées, mais qui ne sont pas non plus sans analogie avec les sporanges de nombreux *Ectocarpus*.

De cette étude, on peut conclure que les genres *Chantransiopsis*, *Muiaria*, *Muiogone*, et l' « *Hormiscium* » myrmécophile, possèdent en commun avec le genre *Antennopsis* un remarquable mécanisme de rupture et un mode d'endoformation des cellules constituant les conidiophores rigides, de même que la sécrétion d'un mucus dont l'effet est indirectement pernicieux pour la vitalité de l'Insecte. Le rattachement de ces parasites entomophages aux Hyphales reste fort discutable. Mais, parmi eux, l'*Antennopsis*, par la présence d'une spore basale aberrante à rôle d'haustorie, et d'une paire de colonnettes terminales conidioïdes peut-être assimilables à deux sporocystes pluriloculaires comparables au sporange terminal de filaments dressés du thalle de certaines Algues Sphacélariacées, s'éloigne plus encore des Hyphomycètes comme des Laboulbeniales. Ses caractères exceptionnels justifient son intégration dans un nouvel Ordre, celui des Gloeohaustoriales.

Quoique séparables de l'ensemble des formes décrites par Thaxter, les Gloeohaustoriales ont de commun avec celles-ci les traits accusés et remarquables d'une adaptation structurale à des conditions de vie parasitaire mobile : mécanisme de prolifération de la membrane interne mise à nu, apte à renouer la faculté de régénération de la colonnette filamenteuse, équivalente à un conidiophore et fréquemment mutilée, sécrétion de mucus autorisant le succès du processus parasitaire et, par ricochet, accélérant la décrépitude de l'Insecte.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles recherches sur l'hydrogénation des cétones éthyléniques en cétones saturées.* Note (*) de MM. **Raymond Cornubert, Hans Gunther Eggert** et **Philippe Thomas.**

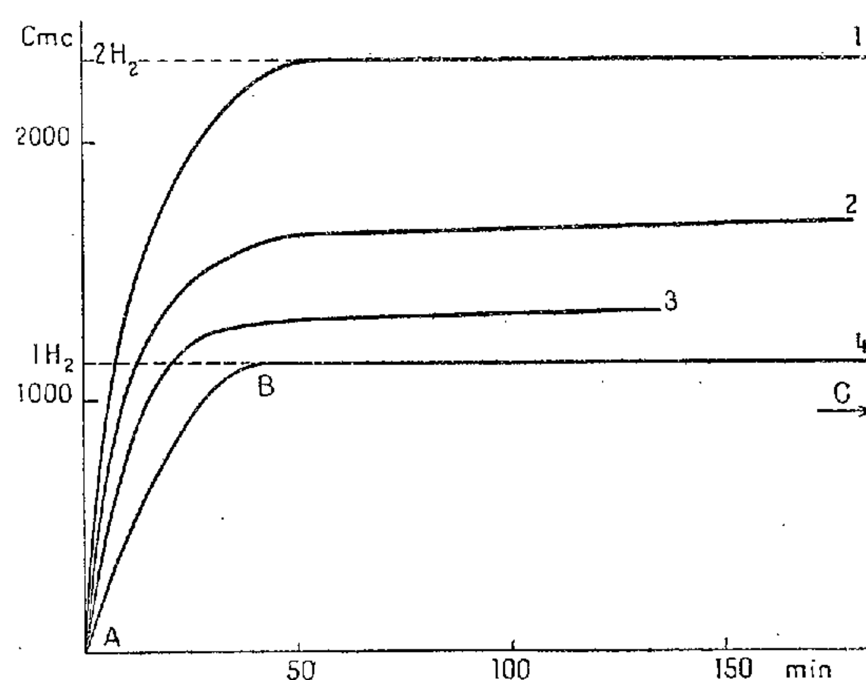
Les meilleurs rendements en cétones saturées s'obtiennent en travaillant dans le dichloréthane sous l'influence du nickel de Raney.

Dans de précédentes Notes ([1]), l'un de nous et divers collaborateurs sont parvenus à cette conclusion que, par des traitements convenables, les nickels de Raney peuvent plus ou moins conserver leur activité en ce qui concerne l'hydrogénation des liaisons doubles et perdre plus ou moins fortement leur aptitude à l'hydrogénation du groupe carbonyle. Nous faisons connaître ici la suite de ces recherches.

(*) Séance du 5 novembre 1951.

([1]) R. Cornubert et J. Phélisse, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1131; 229, 1949, p. 460; R. Cornubert, Cl. Kaziz et Ph. Thomas, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1166.

1. H. G. E.. — Pour des raisons qui seront précisées ultérieurement, nous avons été amenés à hydrogéner la dibenzylidène acétone au sein du dichloréthane; nous avons ainsi observé que l'hydrogénation s'arrête totalement après la fixation de $2H_2$; si l'on élimine la cétone saturée à l'état d'oxime, on ne trouve que 1 % d'alcool saturé. Des diagrammes similaires avec branche horizontale ont été notés avec la benzylidèneméthyl benzylcétone et la benzylidène benzylacétone. Il en est encore ainsi avec la benzylidène acétophénone pour laquelle on décèle la même teneur en alcool saturé (1,5 %) tant en B en 37 mn qu'en C au bout de 800 mn (*voir* le schéma : matière 10 g, solvant 100 cm³, catalyseur C 20.12 ([2]) de 25 g d'alliage; courbes : 1, dans l'alcool; 2, dans l'alcool contenant 0,5 g $CHCl_3$; 3, dans l'alcool additionné de 1,5 g $CHCl_3$; 4, dans le dichloréthane).



2. Ph. T. — A. Le même type de courbe a été obtenu dans le dichloréthane avec la benzylidène acétone (mat. 30 g, catalyseur C 20.12 de 30 g d'alliage) sur laquelle nous poursuivions des études comparatives vis-à-vis de divers catalyseurs freinant l'hydrogénation du carbonyle; ici encore on note une branche horizontale BC avec teneur identique en alcool aux points B et C (essais *b* et *c*); d'ailleurs 30 g de benzylacétone, traités de la même manière, n'ont fixé que 50 cm³ d'hydrogène en 24 h, ce qui a fait déceler 0,4 % d'alcool saturé.

Les toutes premières expériences ont été réalisées avec un dichloréthane technique que nous appellerons I; mais la reconstitution de nos réserves en ce corps nous ayant mis en possession d'un produit industriel d'une autre origine que nous dénommerons II, nous n'avons pas tardé à constater des différences entre les deux échantillons; aussi nous sommes-nous procuré un troisième dichloréthane commercial III qui s'est révélé très voisin du deuxième échantillon.

([2]) C'est-à-dire issu d'alliage AN **20** (à 20 % de nickel), lavé 12 fois à l'eau.

Il semble que cette différence soit due à une impureté contenue dans les dichloréthanes II et III; en effet avec l'échantillon I, on n'obtient pas une branche rigoureusement horizontale mais légèrement ascendante. Toutefois si un catalyseur travaille plusieurs fois dans le dichloréthane I, on observe aussi une branche horizontale. De plus les échantillons II et III, mis en présence de nickels de Raney et d'hydrogène (sans matière) et récupérés, permettent une fixation beaucoup plus rapide de 1 H_2 sur la benzylidèneacétones, mais en engendrant encore une horizontale après la fixation d'une molécule d'hydrogène (essais *e* et *f*).

Essai.	$C_2H_4Cl_2$.	1 H_2 = 5000 cm³ fixé en	cm³ d'hydrogène fixés à l'arrêt volontaire en		Alcool saturé %.
a..........	I	41 mn	5800 (24 h)	à 1 H_2	1,8
b..........	II	3 h 29	5100 (3 h 29 mn)	à 1 H_2	1,2
c..........	II	1 50	5050 (48 h)	à l'arrêt	1,2
d..........	III	4 35	5800 (41 h)	à l'arrêt	1,2
e..........	II	36	5500 (29 h)	à l'arrêt	3,9
f..........	III	1 09	5250 (28 h)	à l'arrêt	0,9

Ainsi l'échantillon II est devenu (essais *c* et *e*) pratiquement identique à l'échantillon I (essai *a*) en ce qui concerne la vitesse de fixation, mais l'échantillon III, bien que travaillant moins vite (essais *d* et *f*), reste préférable à cause de sa sélectivité [dans les mêmes conditions, au sein de l'alcool, une molécule d'hydrogène est fixée en 27 mn (essai *g*)].

B. Dans le cas de la benzylidèneacétone (30 g) nous avons comparé la sélectivité des différents nickels contraints de Raney sans oublier celle d'un nickel formique; les résultats ont été les suivants :

Essai.	Solvant (100 cm³).	C 20.12 de 30 g AN 20.	1 H_2 atteint en	Cm³ d'hydrogène fixés à l'arrêt en	Alcool saturé % à 1 H_2.	Alcool saturé % à l'arrêt.
g.....	Alcool	Ordinaire	27 mn	9800 (7 h 30 mn)	3	100
h.....	II	»	2 h	5050 (48 h)	1,2	1,2
i.....	Alcool	Enflammé	40 h 40 mn	5500 (96 h)	1	2,3
j.....	»	Carbonique	40 mn	9900 (8 h)	2,5	100
k.....	»	Ébouillanté 5 h	31 mn	9900 (20 h)	2,7	100
l.....	»	» 21 h	34 mn	9900 (7 h)	–	100
m.....	»	Ord. (de 1 g AN 20)	26 h	5400 (72 h)	–	2,1
n.....	»	Ni formique (*t* : 65-70°)	8 h	5000 (8 h)	1,8	–

Ceci montre l'action particulièrement sélective du dichloréthane; toutefois la répétition d'un essai déterminé conduit à l'observation de temps pouvant être très variables pour la fixation d'une molécule d'hydrogène (pouvant aller du simple au double, essais *b* et *c*), mais en fournissant toujours une branche horizontale après la fixation de cette molécule.

Il convient de noter encore qu'un catalyseur carbonique n'a plus d'effet de contrainte quand on le fait travailler sur 30 g de benzylidène acétone (essai *j*), alors qu'il en présente très nettement un quand il n'y a que 2 g de matière à transformer.

M. **Louis Blaringhem** rend compte des Cérémonies du deuxième centenaire de l'**Académie des Sciences de Göttingen** où il représentait l'Académie, et donne lecture de l'adresse qu'il a déposée au nom de l'Institut de France, d'accord avec les délégués des Académies des Inscriptions et belles lettres et des Sciences morales et politiques.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau un volume paru dans la collection des *Réunions d'études et de mises au point* tenues sous sa présidence et intitulé : *Les accélérateurs de particules*, par MM. Stanislas Winter, Jean de Beauregard, Eugène Nageotte, Pierre Lapostolle, Bernard Kwal, Pierre Debraine, André Bariaud, Roger Jouty, Théo Kahan, Claude Magnan, Paul Chanson.

M. **Thomas Wallace** adresse deux fascicules émanant du *IIe Congrès mondial des engrais chimiques* et intitulés : 1° *Fertilising with trace elements;* 2° *Fertilising of fruit trees and berry fruits.*

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Émile Borel** : Frank Yates. *Méthodes de sondage pour recensements et enquêtes*;

par M. **Pierre-Paul Grassé** : 1° *Les conditions écologiques et le peuplement des vases d'eau douce*, par Franklin Pierre; 2° *Les associations végétales du Massif de Sainte-Victoire*, par R. Nègre.

PLIS CACHETES.

M. **Antoine Lubrano** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 23 avril 1951 et enregistré sous le n° 12826.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient la description d'une roue éolienne et d'une roue hydraulique.

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

DÉSIGNATIONS.

M. **Roger Heim** est désigné pour représenter l'Académie à la cérémonie qui aura lieu le 21 novembre à la Faculté de Médecine de Paris, pour célébrer le soixante-quinzième anniversaire de la reconnaissance d'utilité publique de l'**Association française pour l'avancement des sciences.**

CORRESPONDANCE.

Le Grand Chancelier et le Recteur de l'**Université Laval**, à Québec, annoncent à l'Académie la célébration, en 1952, du Centième anniversaire de la fondation de cette Université.

L'Académie est informée de la création, par M. **B. Patnaik**, de Tulsipur, Cuttack, Inde, d'un prix annuel de 1000 livres appelé *Prix Kalinga* qui aura pour objet de *récompenser l'auteur d'un ensemble de travaux destiné à répandre la connaissance de la science*. Les organisations nationales adhérentes au Conseil international des Unions scientifiques seront invitées à proposer, chaque année, à l'Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture, le nom de l'auteur qu'elles jugeraient susceptible de recevoir ce prix.

M. **Francis Perrin** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Physique générale, par le décès de M. *Aimé Cotton*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Ministère des Colonies de Belgique. Commission de géologie. *Carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Légende générale.* Quatrième édition, 1951. — *Notice explicative de la carte d'ensemble à l'échelle du* 2000000e dressée par L. Cahen et J. Lepersonne, et quatre cartes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une méthode de résolution de certaines équations intégrales*. Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

Nous nous proposons de donner une méthode formelle de résolution de l'équation intégrale

$$f(s) = 2s\int_0^\infty \frac{F(t)\,dt}{(s^2+t^2)^{\nu+\frac{3}{2}}} \qquad (\nu \text{ entier} > -1).$$

Supposons que $f(s)$ soit l'image, au sens de Laplace, d'une fonction $\Phi(z)$; comme on a la correspondance symbolique

$$\frac{s}{(s^2+t^2)^{\nu+\frac{3}{2}}} \subset \frac{\sqrt{\pi}\,z^{\nu+1}}{t^\nu\,2^{\nu+1}\,\Gamma\left(\nu+\frac{3}{2}\right)}J_\nu(tz),$$

l'équation envisagée peut être considérée comme la transformée de l'équation en F (t)

$$\frac{2^\nu\Gamma\left(\nu+\frac{3}{2}\right)}{\sqrt{\pi}}\,\frac{\Phi(z)}{z^{\nu+2}} = \int_0^\infty \frac{F(t)}{t^\nu}J_\nu(tz)\,dt.$$

Or, d'après les résultats classiques on a

$$F(t) = \frac{2^\nu\Gamma\left(\nu+\frac{3}{2}\right)}{\sqrt{\pi}}\,t^{\nu+1}\int_0^\infty J_\nu(tz)\,\Phi(z)\frac{dz}{z^\nu}.$$

Mais

$$J_\nu(tz) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{+\pi} e^{-i\nu\theta}\,e^{tzi\sin\theta}\,d\theta,$$

et l'expression de $F(t)$ devient

$$F(t) = \frac{2^\nu\Gamma\left(\nu+\frac{3}{2}\right)}{2\pi\sqrt{\pi}}\,t^{\nu+1}\int_0^\infty \frac{\Phi(z)}{z^\nu}\,dz\int_{-\pi}^{+\pi} e^{-i\nu\theta}\,e^{tzi\sin\theta}\,d\theta,$$

ou, encore, en supposant possible l'interversion de l'ordre des intégrations

$$F(t) = \frac{2^\nu\Gamma\left(\nu+\frac{3}{2}\right)}{2\pi\sqrt{\pi}}\,t^{\nu+1}\int_{-\pi}^{+\pi} e^{-i\nu\theta}\,d\theta\int_0^\infty e^{-(-ti\sin\theta)z}\,\frac{\Phi(z)}{z_\nu}\,dz.$$

Comme pour $\nu > 0$, on a

$$\frac{\Phi(z)}{z^\nu} \supset \int_s^\infty \cdots \int_s^\infty f(s)\,(ds)^\nu.$$

il apparaît que la solution de l'équation envisagée s'écrit

$$F(t)=\frac{2^\nu\Gamma\left(\nu+\frac{3}{2}\right)}{2\pi\sqrt{\pi}}t^{\nu+1}\int_{-\pi}^{+\pi}e^{-i\nu\theta}\left[\int_s^\infty\cdots\int_s^\infty f(s)\,(ds)^\nu\right]_{s=-it\sin\theta}d\theta.$$

Pour $\nu=0$, il vient

$$F(t)=\frac{t}{4\pi}\int_{-\pi}^{+\pi}f(-it\sin\theta)\,d\theta,$$

on retrouve un résultat classique (1).

La méthode peut s'appliquer à l'étude d'équations analogues à celle envisagée dont les noyaux sont, par exemple, de la forme

$$\frac{s+\nu\sqrt{s^2+t^2}}{\left[\sqrt{s^2+t^2}\right]^{\frac{3}{2}}\left[s+\sqrt{s^2+t^2}\right]^\nu}\quad(\mathrm{R}\nu>-2),\qquad\frac{1}{(s^2+t^2)^{\nu+\frac{3}{2}}}\quad\left(\mathrm{R}\nu>-\frac{1}{2}\right),$$

$$\frac{\left(\sqrt{s^2+t^2}-s\right)^\nu}{\sqrt{s^2+t^2}}\quad(\mathrm{R}\nu>-1).$$

Nous généralisons ainsi des résultats signalés dans un travail antérieur (2).

TOPOLOGIE. — *Les diviseurs de zéro de l'anneau de cohomologie des variétés kählériennes*. Note (*) de M. **François Jongmans**, transmise par M. Arnaud Denjoy.

1. Soient V une variété kählérienne à $2m$ dimensions réelles, H^p l'espace vectoriel des formes harmoniques de degré p sur V ($0\leq p\leq 2m$), H la somme directe des H^p; H possède une structure d'algèbre sur le corps complexe, si le produit extérieur des formes harmoniques est pris pour définition du produit d'anneau. H^p et H sont respectivement isomorphes au $p^{\text{ième}}$ groupe de cohomologie $\mathcal{H}^p$ et à l'anneau de cohomologie $\mathcal{H}$ (à coefficients complexes) de V; à l'aide de H, plusieurs propriétés de $\mathcal{H}$ ont été démontrées par B. Eckmann et H. Guggenheimer (1), dont nous utilisons les notations et les résultats. Nous voudrions ici donner quelques indications sur les diviseurs de zéro de l'anneau H (ou $\mathcal{H}$).

Tout élément Φ de H^p est trivialement un diviseur de zéro si l'on prend en considération le produit extérieur $\Phi\Psi$ de Φ par une forme quelconque Ψ de degré $>2m-p$; en outre, toute forme harmonique Φ de degré impair donne les

(1) *Voir* par exemple, Bateman, *Journ. Applied Physics*, **17**, 1946, p. 91.
(2) *Ann. Soc. Sc. Bruxelles*, 6, 1950, p. 156.

(*) Séance du 12 novembre 1951.
(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 464, 489, 503 et 577.

décompositions triviales $\Phi(a\Phi) = 0$ de zéro (a const. complexe). Écartant ces cas, nous n'envisagerons que les décompositions STRICTES de zéro en deux facteurs Φ, Ψ non nuls, de degrés p, q tels que $p+q \leqq 2m$, et linéairement indépendants si p, q sont égaux et impairs; nécessairement, p et q seront positifs. Nous appellerons Φ un diviseur STRICT de zéro, de degré p et CODEGRÉ q.

Prenons pour H^p, H^q des bases respectives $(P_1, \ldots, P_{b_p})$, $(Q_1, \ldots, Q_{b_q})$ (b_j est le $j^{\text{ième}}$ nombre de Betti de V). Deux formes $\Phi = \sum_1^{b_p} \varphi_j P_j$, $\Psi = \sum_1^{b_q} \psi_k Q_k$ donnent une décomposition de o si et seulement si

$$\sum_{j,k} \varphi_j \psi_k P_j Q_k = 0. \tag{1}$$

Cette relation permet de formuler une condition suffisante pour l'existence d'une telle décomposition, qui sera sûrement stricte si $p \neq q$ ou $p = q$ pair (avec p, $q > 0$, $p+q \leqq 2m$). Supposons en effet

$$b_p b_q > b_{p+q}; \tag{2}$$

alors, les $P_j Q_k$ sont liés par $d \geqq b_p b_q - b_{p+q}$ relations linéaires indépendantes $\sum_{j,k} \rho_{jk}^{(h)} P_j Q_k = 0$ ($k = 1, \ldots, d$). Dans un espace projectif complexe $P^{b_p b_q - 1}(C)$ rapporté à des coordonnées homogènes α_{jk}($j = 1, \ldots, b_p$; $k = 1, \ldots, b_q$), les d points $M^{(h)}$ de coordonnées $\rho_{jk}^{(h)}$ sous-tendent un sous-espace linéaire $P^{d-1}(C)$; d'autre part, les points de coordonnées non toutes nulles $\lambda_j \mu_k$ composent une variété algébrique S à $b_p + b_q - 2$ dimensions complexes, sans singularités, appelée VARIÉTÉ DE SEGRE, homéomorphe au produit de deux espaces projectifs à $b_p - 1$ et $b_q - 1$ dimensions complexes. (1) exprime que $\varphi_j \psi_k = \sum_h r_h \rho_{jk}^{(h)}$, c'est-à-dire que S et $P^{d-1}(C)$ ont au moins un point commun, de coordonnées $\varphi_j \psi_k$. Or, il est aisé d'exprimer à l'aide des dimensions une condition suffisante pour que ceci ait lieu : $d - 1 + (b_p + b_q - 2) \geqq b_p b_q - 1$, ou *a fortiori*

$$b_{p+q} \leqq b_p + b_q - 2. \tag{3}$$

(3) implique (2) si $b_p\, b_q \neq 0$, comme il doit être supposé

2. Dans le cas $p = q$ impair, le raisonnement précédent ne permet pas de conclure à l'existence d'une décomposition stricte de o. Mais (1) se réduit alors à $\sum_{j<k=1}^{b_p} (\varphi_j \psi_k - \varphi_k \psi_j) P_j P_k = 0$, à coefficients non tous nuls si Φ, Ψ sont linéairement indépendantes.

En raisonnant comme ci-dessus à l'aide d'une VARIÉTÉ DE GRASSMANN, on trouve la condition suffisante $b_{2p} \leqq 2(b_p - 2)$; en conclusion :

Si des nombres de Betti non nuls b_p, b_q d'une variété kählérienne V à 2 m dimensions vérifient la condition $b_{p+q} \leqq b_p + b_q - 2$ ($p, q > 0$, $p + q \leqq 2m$), l'anneau de cohomologie de V contient au moins un diviseur strict de 0 de degré p et codegré q ; si $p = q$ est impair, il suffit que $b_{2p} \leqq 2(b_p - 2)$.

3. Une conséquence suggestive de (3) et de $b_l \geqq b_{l-2}$ pour $l \leqq m$ (*loc. cit.*, prop. 3), va prouver, quand $m > 1$, l'existence de diviseurs stricts de zéro ([2]). Prenons p pair et $m - p/2 \leqq q \leqq m$; q surpasse $2m - p - q$ d'un nombre pair non négatif, $b_{p+q} = b_{2m-p-q} \leqq b_q$, d'où, par (3) : *Si p est pair* ($0 < p < 2m$) *et* $b_p > 1$, *il existe toujours un diviseur strict de zéro, de degré p et de tout codegré* q ($\leqq 2m - p$) *tel que* $m - p/2 \leqq q \leqq m$. La conclusion est valable pour TOUT degré pair positif p dès que le rang a_2 de l'espace vectoriel des formes quadratiques ANALYTIQUES sur V est positif, car $b_p \geqq b_2 \geqq 2a_2 + b_0 > 2a_2$ [cf. *loc. cit.*, formule (6)].

Pour qu'il n'existe aucune décomposition stricte de zéro, il est donc d'abord nécessaire que $b_p = 1$ pour tout p pair; en prenant $p = 2$, q impair $\geqq m$, on n'évite (3) qu'en supposant tous les b_{2l+1} égaux; enfin, en prenant p, q impairs et distincts, la négation de (3) exige la nullité de tous les b_{2l+1} (pairs *a priori*). Les seules formes harmoniques sont alors les multiples de la forme fondamentale ω^2 et de ses puissances; aucune n'est diviseur strict (*loc. cit.*). De là le THÉORÈME D'EXISTENCE : *L'anneau de cohomologie de toute variété kählérienne possède des diviseurs stricts de zéro, excepté si la variété est de dimension 2 ou si* $b_0 = b_2 = \ldots = b_{2m} = 1$, $b_1 = b_3 = \ldots = b_{2m-1} = 0$ ([3]).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la distribuante de deux variables dépendantes.* Note (*) de Mme **Halina Milicer Gruzewska**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $F(x, y)$, $(x, y) \subset R_2$ ([1]), une répartition ([2]). Elle définit sur le corps $\mathfrak{F}_2$ de tous les ensembles Boréliens de R_2 la fonction de probabilité $P_2(E)$,

---

([2]) On voit tout de suite qu'il n'y a pas de diviseurs stricts de zéro quand m vaut 1.

([3]) En appelant $\Phi\Psi = 0$ une DÉCOMPOSITION ANALYTIQUE de zéro si Φ, Ψ sont analytiques, de degrés p, q tels que $p + q \leqq m$, indépendantes quand p, q sont égaux et impairs, on montre de même que *l'existence d'une décomposition analytique de degrés p, q est assurée si* $a_{p+q} \leqq a_p + a_q - 2$ (a_j est le rang de l'espace des formes analytiques de degré j; $a_p a_q > 0$), *ou du moins si* $a_{2p} \leqq 2(a_p - 2)$ *pour* $p = q = 2k + 1$. Dans le cas des intégrales de Picard d'une surface algébrique, le raisonnement a été poursuivi par Castelnuovo et Comessatti (*Rend. Palermo*, 20, 1905; 46, 1922).

(*) Séance du 12 novembre 1951.

([1]) R_2 signifie le plan réel; R_1 l'axe réel.

([2]) *Voir* par exemple : H. CRAMER, *Mathematical Methods of Statistics*, Princeton, 1946, p. 80-81, 56-57, et 62-75.

$E \in \mathcal{F}_2$, c'est-à-dire le champ de probabilité $\mathfrak{P}(\mathcal{F}_2, P_2)$ (²). Ses répartitions marginales (²) sont :

1°
$$\lim_{y \to \infty} F(x, y) = F_1(x),$$

2°
$$\lim_{x \to \infty} F(x, y) = F(y).$$

Soient $P_1(E)$ et $P(E)$ les fonctions de probabilité qu'elles définissent sur les corps $\mathcal{F}_1$ et resp. $\mathcal{F}$ de tous les ensembles boréliens des axes X et resp. Y. Elles déterminent donc sur ces axes des champs de probabilité $\mathfrak{P}(\mathcal{F}_1, P)$ et resp. $\mathfrak{P}(\mathcal{F}, P)$. Pour chaque valeur de x ou de y, où $F_1(x + \Delta x) > F_1(x)$, $\Delta x > 0$, où resp. $F(y + \Delta y) > F(y)$, $\Delta y > 0$, on peut déterminer les répartitions conditionnelles comme il suit

3°
$$F_x(y) = \overline{\lim_{\Delta x \to 0}} \frac{F(x + \Delta x, y) - F(x, y)}{F_1(x + \Delta x) - F_1(x)}$$

et respectivement

4°
$$\overline{F}_y(x) = \overline{\lim_{\Delta y \to 0}} \frac{F(x, y + \Delta y) - F(x, y)}{F(y + \Delta y) - F(y)}.$$

Mais comme les points x et y où $F_1(x + \Delta x) = F_1(x)$, $\Delta x > 0$, ou resp. $F(y + \Delta y) = F(y)$, $\Delta y > 0$, appartiennent aux ensembles de probabilité nulle on peut dire que, dès que *la répartition* $F(x, y)$ *est connue, les répartitions* $F_x(y)$ *et* $\overline{F}_y(x)$ *sont définies sur les axes* X *et* Y p. p. (P_1) *et* p. p. (P) resp. (³). *Si l'on peut remplacer dans les équations* (3) *et* (4) *le signe* $\overline{\lim}$ *par* lim, $F_x(y)$ *et* $\overline{F}_y(x)$ *seront les répartitions conditionnelles au sens classiques.* Alors comme ces fonctions sont intégrables au sens de Lebesgue-Stieljes (²) dans le champ de $P_1(E)$ et $P(E)$ resp. on peut écrire

5°
$$F(x, y) = \int_{-\infty}^{x} F_t(y)\, dF_1(t) = \int_{-\infty}^{y} \overline{F}_t(x)\, dF(t).$$

Souvent il est plus important de savoir si l'on peut construire le champ $\mathfrak{P}(\mathcal{F}_2, P_2)$ dès que l'on connaît un champ donné d'avance $\mathfrak{P}(\mathcal{F}, P_1)$ sur l'axe X et les champ $\mathfrak{P}(\mathcal{F}, P_x)$ sur les droites $X = x$, p. p. (P_1) sur l'axe X. On voudrait aussi savoir si dans ce nouveau champ $\mathfrak{P}(\mathcal{F}_2, P_2)$ la fonction donnée $F_x(y)$ et la fonction $\overline{F}_y(x)$, qui est définie par l'expression 4°, sont des répartitions conditionnelles au sens classique p. p. (P_1) sur l'axe X et p. p. (P) sur l'axe Y resp.

(³) C'est-à-dire sauf au plus pour les ensembles de probabilité nulle dans le champ $\mathfrak{P}(\mathcal{F}_1, P)$ ou resp. $\mathfrak{P}(\mathcal{F}, P)$.

Définition 1. — La fonction $F_x(y)$ définit par l'intégrale une répartition dans R_2 sur la répartition $F_1(x)$ si l'intégrale de Lebesgue-Stieltjes [2]

$$(1)\qquad F(x, y) = \int_{-\infty}^{x} F_t(y)\, dF_1(t), \qquad (x, y) \subset R_2$$

existe et *si elle est une répartition*. La fonction $F_x(y)$ est alors *la composante verticale* de la répartition $F(x, y)$ et la répartition $F_1(x)$ est sa *répartition marginale horizontale*.

Définition 2. — Par raison de symétrie, si c'est possible, on écrit

$$(2)\qquad F(x, y) = \int_{-\infty}^{y} \overline{F}_t(x)\, dF(t), \qquad (x, y) \subset R_2$$

où

$$(3)\qquad F(y) = \lim_{x \to \infty} F(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} F_t(y)\, dF_1(t),$$

$\overline{F}_y(x)$ est alors *la composante horizontale* et $F(y)$ est *la répartition marginale verticale* de $F(x, y)$.

Si les fonctions $F_1(x)$ et $F_x(y)$ définissent non seulement la répartition $F(x, y)$ mais aussi $F(y)$ et $\overline{F}_y(x)$, la dernière p. p. (P), on dit qu'elles définissent par l'intégrale le champ dans R_2 *complètement*.

On démontre le théorème suivant :

Si 1° *la fonction* $F_1(x)$ *est une répartition de* $x \subset R_1$ [1];

2° *la fonction* $F_x(y)$ *est une répartition de* $y \subset R_1$, *et une fonction continue à droite de* x,

alors ces deux fonctions définissent par l'intégrale une répartition $F(x, y)$ *dans* R_2 *complètement. Les deux composantes de* $F(x, y)$ *sont les répartitions conditionnelles au sens classique. La composante verticale est au sens classique la répartition conditionnelle de* y p. p. (P_1) *sur l'axe* X *et la composante horizontale* $\overline{F}_y(x)$ *est au sens classique la probabilité conditionnelle de* x, p. p. P, *sur l'axe* Y. *Dans l'ensemble où* $F(y)$ *n'est pas constante* $\overline{F}_y(x)$ *est une répartition, si seulement elle est continue à droite comme fonction de* x. *Elle l'est, si on l'augmente de sa fonction des sauts sur un ensemble au plus dénombrable.*

On peut écrire, grâce à l'additivité dénombrable de l'intégrale de Lebesgue-Stieltjes, en appelant $P(x, E_2)$ les fonctions de probabilité, qui correspondent aux distribuantes $F_x(y)$ sur les droites $X = x$, p. p. P_1 sur l'axe X, les égalités (4) et (5) au lieu de (1) et (3) :

$$(4)\qquad P(E_1 \star E_2) = \int_{z \subset E_1} P(z, E_2) . P_1(dE_z),$$

$$(5)\qquad P(E_2) = \int_{z \subset R_1} P(z, E_2) . P_1(dE_z).$$

GÉNÉTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Valeurs asymptotiques des probabilités d'association des gènes dans une population soumise à une loi d'union sélective.* Note (*) de M. **Henri Marchand**, présentée par M. Émile Borel.

Soit une population très nombreuse soumise à la loi d'union sélective étudiée dans une Note précédente ([1]). Désignons par (111), (211), ... les fréquences d'association des 3 phases des différents facteurs, par (111), (311), ... les fréquences d'association des 2 états possibles des différents gènes dans un même gamète, par $x_{111}, \ldots, x_{\mathbf{111}}, \ldots, y_{111}, \ldots, y_{\mathbf{111}}, \ldots$ les valeurs moyennes correspondantes des caractères primaire et secondaire ([2]).

Passage de la génération F *à la suivante* F_1 : on a

$$(1)\qquad \begin{cases} (111)_1 = (\mathbf{111})\star(\mathbf{111}) = (\mathbf{111})^2(1+2\mu y_{\mathbf{111}}), \\ (112)_1 = 2(\mathbf{111})\star(\mathbf{113}), \\ (122)_1 = 2(\mathbf{111})\star(\mathbf{133}) + 2(\mathbf{131})\star(\mathbf{113}) \qquad \ldots, \end{cases}$$

d'où, en tenant compte de

$$(\mathbf{111}) = (111) + \frac{(112)}{2} + \frac{(121)}{2} + \frac{(211)}{2} + \frac{(122)}{4} + \frac{(212)}{4} + \frac{(221)}{4} + \frac{(222)}{8},$$

$$(2)\qquad (\mathbf{111})_1 = \frac{(\mathbf{110})\star(\mathbf{001})}{4} + \frac{(\mathbf{101})\star(\mathbf{010})}{4} + \frac{(\mathbf{011})\star(\mathbf{100})}{4} + \frac{(\mathbf{111})\star(\mathbf{000})}{4}$$

et de même

$$(3)\qquad (\mathbf{110})_1 = (\mathbf{111})_1 + (\mathbf{113})_1 = \frac{(\mathbf{110})\star(\mathbf{000})}{2} + \frac{(\mathbf{100})\star(\mathbf{010})}{2}$$

et

$$(4)\qquad (\mathbf{100})_1 = (\mathbf{110})_1 + (\mathbf{130})_1 = (\mathbf{100})\star(\mathbf{000})$$

où le produit symbolique $(\mathbf{000})\star\Pi$ représente la fréquence d'accouplement d'un individu de probabilité Π avec un individu quelconque.

La proportion de chaque gène varie au cours des générations. [Égalité (4)].

Population en équilibre. — Supposons que la population tende vers un état d'équilibre. D'autre part, en supposant μ^2 négligeable et les contributions des différents facteurs H, H′, H″, ... au caractère primaire additives.

Posons : $\mathcal{T} = x_{\mathbf{100}}$, $\mathcal{S} = x_{\mathbf{300}}$, ..., $T = y_{\mathbf{100}}$, $S = y_{\mathbf{300}}$, ...; $p = (\mathbf{100})$, $q = (\mathbf{300})$; .... Lorsque la population est en équilibre l'équation (4) s'écrit : $p = v(1+\mu T)$, ce qui n'est possible que si $p = 0$ (gène fixé) ou si

$$(5)\qquad T = o(\mu).$$

(*) Séance du 5 novembre 1951.

([1]) Cf. *Comptes rendus*, 231 1950, p. 1029.

([2]) *Cf.* G. Malécot, *Thèse*, p. 8.

On obtient alors :

(6) $$\begin{cases} (110) = pp'(1+\mu y_{110}) + o(\mu^2), \\ (111) = pp'p''\left[1+\frac{\mu}{3}(2y_{110}+2y_{101}+2y_{011}+y_{111})\right]+o(\mu^2) \end{cases}$$

et

(7) $$\begin{cases} (111) = p^2p'^2p''^2\left[1+\frac{4\mu}{3}(y_{110}+y_{101}+y_{011}+2y_{111})\right]+o(\mu^2), \\ (110) = p^2p'^2(1+4\mu y_{110})+o(\mu^2), \\ (100) = p^2+o(\mu^2). \end{cases}$$

Bien que la loi de Hardy soit vérifiée comme dans le cas du random mating, les facteurs ne sont pas asymptotiquement indépendants.

Désignons par $i, j, k, i', j' k', \ldots$ les contributions des différents facteurs au caractère primaire et imposons à ces quantités les conditions :

$$\mathrm{M}(\mathrm{H}) = p^2 i + 2pqj + q^2 k = 0; \qquad \mathrm{M}(\mathrm{H}') = p^2 i' + 2pqj' + q^2 k' = 0, \ldots.$$

La valeur centrée y du caractère secondaire s'exprime en fonction de la valeur centrée x du caractère primaire par

$$y = -x^2 + 2\underline{\mathrm{O}}x + \mathrm{V} \qquad \text{en posant} \quad \mathrm{V} = \mathrm{M}(x^2).$$

D'où $y_{100} = 2\underline{\mathrm{O}}x_{100} + \mathrm{V} - \mathrm{V}_{100}$; $y_{110} = 2\underline{\mathrm{O}}x_{110} + \mathrm{V} - \mathrm{V}_{110}$; en posant $\mathrm{V}_{100} = \mathrm{M}_{100}(x^2)$; ....

Pour obtenir une valeur approchée des fréquences asymptotiques définies par (6) et (7), il faut calculer les parties principales de $y_{110}, \ldots$, donc celles de $x_{110}, \ldots$ et de $\mathrm{V}_{110}, \ldots$.

On trouve en rangeant les individus suivant les phases du facteur H :

$$x_{100} = \mathrm{I} = i + \mathrm{O}(\mu); \qquad x_{200} = \mathrm{J} = j + \mathrm{O}(\mu); \qquad x_{300} = \mathrm{K} = k + \mathrm{O}(\mu)$$

d'où

$$\mathfrak{C} = pi + qj + \mathrm{O}(\mu), \qquad \mathfrak{S} = pj + qk + \mathrm{O}(\mu)$$

et

$$x_{110} = \mathfrak{C} + \mathfrak{C}' + \mathrm{O}(\mu), \qquad x_{110} \neq i + i' + \mathrm{O}(\mu), \ldots.$$

Le calcul des variances V donne :

$$\mathrm{V} = \mathrm{M}(x^2) = \Sigma\mathrm{M}(\mathrm{H}x) = \Sigma v \qquad \text{et} \qquad \mathrm{V}_{100} = pi^2 + qj^2 + \mathrm{V} - v + \mathrm{O}(\mu),$$

en posant :

$$v = p^2 i\mathrm{I} + 2pqj\mathrm{J} + q^2 k\mathrm{K} = p^2 i^2 + 2pqj^2 + q^2 k^2 + \mathrm{O}(\mu),$$

d'où l'on déduit

(8) $$y_{100} = 2\underline{\mathrm{O}}\mathfrak{C} + v - (pi^2 + qj^2) + \mathrm{O}(\mu),$$

et donc, d'après (5),

(9) $$pi^2 + qj^2 = 2\underline{\mathrm{O}}\mathfrak{C} + v + \mathrm{O}(\mu).$$

On obtient d'autre part

$$V_{110} = pi^2 + qj^2 + p'i'^2 + q'j'^2 + 2\mathcal{T}\mathcal{T}' + V - v - v' + O(\mu)$$

et donc d'après (9) $y_{110} = -2\mathcal{T}\mathcal{T}' + O(\mu)$.

Finalement les valeurs approchées des probabilités d'association des facteurs et des gènes dans une population en équilibre sont :

$$(10) \quad \left\{ \begin{array}{ll} (\mathbf{11}) = pp'(1 - 2\mu\mathcal{T}\mathcal{T}'), & (11) = p^2p'^2(1 - 8\mu\mathcal{T}\mathcal{T}'), \\ (\mathbf{13}) = pq'(1 - 2\mu\mathcal{T}\mathcal{S}'), & (12) = 2p^2p'q'[1 - 4\mu\mathcal{T}(\mathcal{T}' + \mathcal{S}')], \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, & (22) = 4pqp'q'[1 - 2\mu(\mathcal{T} + \mathcal{S})(\mathcal{T}' + \mathcal{S}')]. \\ & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array} \right.$$

Les formules (10) donnent les valeurs des coefficients f de Fisher [3]

$$f_{11} = -8\mu\mathcal{T}\mathcal{T}', \qquad f_{12} = -4\mu\mathcal{T}(\mathcal{T}' + \mathcal{S}'), \qquad f_{22} = -2\mu(\mathcal{T} + \mathcal{S})(\mathcal{T}' + \mathcal{S}').$$

On remarque que, si les coefficients correspondant aux homozygotes ont la même forme que ceux établis par M. Malécot dans le cas d'homogamie étudié dans sa thèse, les expressions des coefficients correspondant aux hétérozygotes sont totalement différentes.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'existence des écoulements irrotationnels, plans, périodiques, d'un liquide pesant incompressible.* Note de M. **Robert Gerber**, présentée par M. Henri Villat.

Dans le plan vertical du mouvement $z = x + iy$ (Oy est orienté suivant la verticale ascendante; g accélération de la pesanteur), on définit à une translation près un arc de courbe $\widehat{AB}$ au moyen de la relation $\theta = \theta(l)$; θ est l'angle orienté avec Ox de la demi-tangente au point de $\widehat{AB}$ d'abscisse curviligne $l(0 \leqq l \leqq L)$; $\widehat{AB}$ est orienté dans le sens des l croissants. La dérivée $d\theta/dl$ existe et est bornée sur le segment $[0, L]$ [1] et $-(\pi/2) \leqq \theta(l) \leqq 0$ pour $0 \leqq l \leqq L$. A (B) est l'origine (l'extrémité) de $\widehat{AB}$ qui correspond à $l = 0$ ($l = L$). Soient C(D) un point situé sur la verticale ascendante de A(B) de position *a priori* inconnue, γ un arc de courbe de forme *a priori* inconnue, mais à tangente continue, joignant les points C et D, de manière à former avec $\widehat{AB}$ et les segments AC et BD un domaine simplement connexe $\mathcal{A}$. Dans le plan de potentiel complexe $f = \varphi + i\psi$ on considère le rectangle $\mathcal{D}$: $0 \leqq \varphi \leqq \varphi_0$, $0 \leqq \psi \leqq \psi_0$, φ_0 étant une inconnue et ψ_0 une donnée. On se donne de plus un nombre $V_0 > 0$.

---

(3) *Cf.* Malécot, *Thèse*, p. 6 et 78.

(1) Toutefois on pourrait tolérer l'existence d'un nombre fini de points anguleux correspondant à des angles rentrants du côté du fluide.

Nous nous proposons de définir φ_0, c'est-à-dire $\mathcal{D}$, et de construire dans $\mathcal{D}$ une fonction holomorphe et univalente $z = z(f)$ de manière que l'image $\mathcal{A}$ de $\mathcal{D}$ par $z(f)$ fasse correspondre les éléments de frontière ci-après :

$$\begin{array}{llll} \widehat{AB} & \text{et} & 0 \leqq \varphi \leqq \varphi_0, & \psi = 0; \\ \widehat{\gamma} & \text{et} & 0 \leqq \varphi \leqq \varphi_0, & \psi = \psi_0; \\ AC & \text{et} & 0 \leqq \psi \leqq \psi_0, & \varphi = 0; \\ BD & \text{et} & 0 \leqq \psi \leqq \psi_0, & \varphi = \varphi_0. \end{array}$$

De plus, en posant avec Levi-Civita

$$\frac{df}{dz} = V_0 e^{-i\Omega(f)}, \qquad \Omega = \theta + i\mathrm{T},$$

on doit avoir $\theta = 0$ sur les images de CA et de BD, $\mathrm{T} = 0$ pour $\varphi = 0$, $\psi = \psi_0$ et enfin

$$e^{3\mathrm{T}} \frac{d\mathrm{T}}{d\varphi} + \frac{g}{V_0^3} \sin\theta = 0 \qquad \text{avec} \quad \theta \leqq 0 \quad (^2),$$

le long de $\psi = \psi_0$, $0 \leqq \varphi \leqq \varphi_0$.

L'interprétation hydrodynamique du problème de représentation conforme énoncé ci-dessus est facile. Si l'on effectue indéfiniment des symétries alternées dans le plan z (et le plan f) par rapport à AC et BD ou par rapport à leurs images dans le plan f, on obtiendra, à supposer résolu le problème ci-dessus, l'écoulement irrotationnel d'un liquide pesant incompressible sur un lit périodique. Dans sa thèse ([3]), M. H. Poncin a construit la solution du problème indéterminé correspondant. Nous complétons sa théorie en donnant un théorème d'existence pour le cas du fond fixé pour lequel la demi-période $\widehat{AB}$ vérifie les conditions de régularité énumérées ci-dessus.

Supposons le problème résolu et soient $l(\varphi)$ la correspondance entre $\widehat{AB}$ et son image, $g(\varphi) = \mathrm{T} + i\psi_0$. La connaissance de $l(\varphi)$, $g(\varphi)$ et de φ_0 permet de former explicitement $z(f)$. Or, des formules de M. Villat ([4]) résulte aisément le système intégro-différentiel S vérifié par ces inconnues; des artifices convenables permettant de ramener S à la forme $\varkappa = \mathrm{F}(\varkappa)$ où $\varkappa$ est l'élément d'un espace abstrait $\mathcal{E}$, linéaire, normé et complet, et F ([5]) une transformation fonctionnelle complètement continue, opérant sur cet espace.

On montre successivement : 1° que la solution éventuelle de S conduit à une

---

([2]) A noter que la condition θ négatif sur la ligne libre élimine une classe importante des écoulements sur laquelle nous espérons revenir dans des publications ultérieures.

([3]) *Publications Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air*, **16**, 1932, p. 5-42.

([4]) *Annales de l'École Normale Supérieure*, **28**, 1911, p. 264-269.

([5]) L'élément $\varkappa \in \mathcal{E}$ est constitué par l'ensemble des fonctions $l(\varphi)$ et $g(\varphi)$.

fonction nécessairement univalente si :

$$(1)\qquad \operatorname{Max}|\theta(l)| + \frac{g\psi_0}{V_0^3} \leq \pi.$$

2° que les raisonnements de M. J. Leray, précisés par M. J. Kravtchenko ([6]), s'appliquent alors et permettent de construire pour $l(\varphi)$ un module de continuité höldérien; 3° $g(\varphi)$ ne peut être qu'une fonction régulière (nous publierons prochainement la démonstration de son analyticité); 4° l'ensemble des solutions est borné. Ces propriétés *a priori* d'une solution éventuelle permettent, d'appliquer à l'équation $x = F(x)$ du problème les critères d'existence de M. Schauder et de M. Leray, pourvu que les données vérifient

$$(2)\qquad \frac{g\psi_0}{V_0^3} \leq 1.$$

En conclusion, si les données vérifient les inégalités (1) et (2) le problème posé admet au moins une solution.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur le calcul du champ aérodynamique des flammes stabilisées.* Note de MM. **Jean Fabri**, **Raymond Siestrunck** et **Claude Fouré**, présentée par M. Maurice Roy.

Considérons, dans une tuyère cylindrique plane d'axe Ox et de demi-hauteur unité, un mélange gazeux combustible homogène animé à l'infini amont d'un mouvement uniforme dont la température d'arrêt régulier est T_0 et la vitesse (rapportée à $\sqrt{2C_pT_0}$) u_0. Un corps de dimensions négligeables, placé à l'origine des axes, amorce et stabilise la combustion; nous supposons que le rapport λ entre les températures d'arrêt régulier du fluide après et avant combustion n'est fonction que de la composition du mélange et que le front de flamme, de très faible épaisseur, est, ainsi que l'ensemble du champ aérodynamique du brûleur, peu incliné sur l'axe de la tuyère; nous négligeons la viscosité et la conductibilité des gaz et la variation de leurs chaleurs spécifiques avec la température et la composition du mélange.

1. Linéarisées par les procédés habituels d'étude des écoulements presque axiaux, les équations du mouvement montrent qu'à l'abscisse x, la vitesse axiale u (toujours rapportée au même facteur) est uniforme à l'amont du front de flamme, c'est-à-dire dans le domaine des gaz frais, et évolutive dans le milieu tourbillonnaire des gaz brûlés. Soit $y_*(x)$ l'ordonnée de la flamme, $x_*(y)$ la fonction inverse, puis $u_*(y_*) = u(x, y_*)$ et $U(y) = u(x_*, y)$ les vitesses en deux points particuliers de la flamme; S désignant la différence des

([6]) Représentation conforme de Helmholtz, *Théorie des sillages et des proues* (*Thèse*), *Journal de Mathématiques*, 20, 1941, p. 35-303; *cf.* spécialement le chapitre III.

entropies $s(x, y) - s_0$, on a dans le milieu aval l'intégrale première

$$\log(1 + \lambda - u^2) - \frac{S}{C_p} = C(x). \tag{1}$$

Si, ayant éliminé la fonction inconnue C en la remplaçant par la valeur du premier membre au point (x, y_*), nous exprimons les sauts d'entropie $S(x, y_*)$ et $S(x, y) = S(x_*, y)$ en fonction de λ et des vitesses à la traversée de la flamme nous obtenons la formule

$$u^2(1 - U^2) = \lambda u_*^2 - (\lambda - 1 + u_*^2)\, U^2, \tag{2}$$

qui atteste le caractère physique de propagation du phénomène étudié, les données aérothermodynamiques sur une portion du front de flamme assurant la connaissance complète de l'écoulement dans un domaine triangulaire évident. On montre alors aisément que les fonctions u_* et U satisfont à la relation intégrale

$$\frac{u_0(1 - u_0^2)^{\frac{1}{\gamma-1}}}{u_*(1 - u_*^2)^{\frac{1}{\gamma-1}}} = 1 - y_* + \frac{\sqrt{\lambda}}{u_*} \int_0^{y_*} \sqrt{(1 - U^2)\left(u_*^2 - \frac{\lambda - 1 + u_*^2}{\lambda} U^2\right)} \frac{dy}{\lambda - U^2}, \tag{3}$$

ou à la forme équivalente obtenue en introduisant la fonction de courant adimensionnelle ψ, nulle sur l'axe de la tuyère et proportionnelle à la fraction du débit total brûlée entre le stabilisateur et l'ordonnée y_*,

$$\frac{u_*(1 - u_*^2)^{\frac{1}{\gamma-1}}}{u_0(1 - u_0^2)^{\frac{1}{\gamma-1}}} = u_0 - \psi_* + \frac{u_*}{\sqrt{\lambda}} \int_0^{\psi_*} \frac{(\lambda - U^2)\, d\psi}{\sqrt{(1 - U^2)\left[u_*^2 - (\lambda - 1 + u_*^2)\frac{U^2}{\lambda}\right]}}. \tag{4}$$

La connaissance totale de l'écoulement dans le brûleur demande, en plus de l'intégration de l'une ou l'autre des équations (3) et (4), la détermination du front de flamme $y_*(x)$; il est clair qu'on ne peut y parvenir sans une hypothèse supplémentaire faisant appel au mécanisme de propagation et de stabilisation de la combustion [1].

2. H. S. Tsien a donné récemment [2] la forme limite prise par (3) dans le cas des mouvements où la compressibilité du fluide est d'effet négligeable, et a proposé, indépendamment, des représentations analytiques très élégantes pour les répartitions des vitesses axiales; nous avions obtenu directement les solutions dans ce cas sur la forme limite de (4) par un procédé d'approximations successives immédiatement convergent, effectué à partir de la représentation approchée

$$U^{(0)} = u_0 + \left[\lambda(\lambda - 1)^{-\frac{1}{2}} \operatorname{Arc\,sin}\left(\frac{\lambda - 1}{\lambda}\right)^{\frac{1}{2}} - 1\right]\psi$$

---

[1] Williams, Hottel et Scurlock, *Third symposium on combustion flame and explosion phenomena*, 1949, p. 21.

[2] *Journal of Applied Mech.*, **18**, 1951, p. 188.

(solution asymptotique pour ψ infini), qui permet une première substitution explicite déjà très voisine de la solution finale.

3. Les solutions exactes en fluide compressible se calculent en remplaçant, dans (4), l'intégrale par une somme finie, la résolution progressive du système linéaire obtenu étant très rapide. Les formules approchées de Tsien concordent bien avec notre calcul; les cas d'obstruction, dans lesquels la totalité du débit ne peut brûler et qui limitent les possibilités du procédé de stabilisation, apparaissent notamment pour des valeurs très comparables de u_0.

4. Les formules précédentes se rapportent aux écoulements plans; l'indice p représentant ces solutions, notons qu'une transformation telle que

$$y^2 = y_p, \qquad u = u_p, \qquad \psi = \frac{\psi_p}{2}$$

permet de décrire, dans une tuyère cylindrique de révolution de rayon unité, les écoulements à travers des flammes à stabilisateurs ponctuels placés sur l'axe. Avec

$$y^2 = 1 - y_p, \qquad u = u_p, \qquad \psi = \frac{u_0 - \psi_p}{2},$$

on obtient le champ d'un stabilisateur annulaire collé à la paroi.

ÉLECTRICITÉ. — *Variations en fonction de la température et du potentiel appliqué de la résistance électrique des dépôts métalliques très minces réalisés sur des supports en diamant, ambre et plexiglass.* Note de M. **Nicolas Mostovetch** et Mme **Thérèse Duhautois**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans les publications précédentes ([1]) ont été donnés les résultats relatifs au comportement électrique des films métalliques très minces déposés sur verre, quartz et mica. Les résultats les plus importants sont la variation exponentielle de la résistance de ces dépôts avec la température T et la décroissance linéaire de cette résistance avec la racine carrée du potentiel appliqué F. La présente Note apporte des résultats sur les films métalliques très minces (quelques dizaines d'angströms) déposés par évaporation thermique sur un support en diamant et plusieurs supports en ambre et plexiglass, tous polis et munis d'électrodes réalisées par évaporation préalable de Pt et Ag.

Le support en diamant, placé dans une ampoule soudée à la canalisation de vide (pression de l'ordre de 10^{-7} mmHg), a été dégazé très soigneusement pendant 48 heures à 400°C. La réalisation du film de Pt sur le diamant a été

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 167; **228**, 1949, p. 228; **230**, 1950, p. 934 et 2008; *Semiconducting materials, Butherworth Scientific Publication*, London, 1951, p. 260-281.

faite dans cette ampoule même. Les supports en plexiglass et ambre ont été dégazés pendant 24 heures à 60°C pour les dépôts réalisés dans les ampoules, mais ils n'ont pratiquement pas été dégazés pour les dépôts réalisés dans le vide dynamique d'une cloche. Ces derniers dépôts ont été mis dans de petites enveloppes vidées, après une courte exposition à l'atmosphère.

Les résultats obtenus ne diffèrent pas sensiblement de ceux précédemment trouvés : la résistance de ces films est une fonction exponentielle de la forme

$$R = AT^{-n} e^{\frac{\theta - \theta' F^{\frac{1}{2}}}{T}}.$$

La figure 1 montre les variations de log R en fonction de 1/T pour les dépôts de Pt réalisés sur les supports en diamant (courbe 1) et en ambre (courbe 2); log RT^n (courbes 1′ et 2′) est, à quelques pour-cent près, une fonction linéaire de 1/T. Le coefficient n a une valeur plus grande pour les supports en diamant que pour ceux en ambre ou plexiglass, mais toujours comprise entre 1/4 et 2.

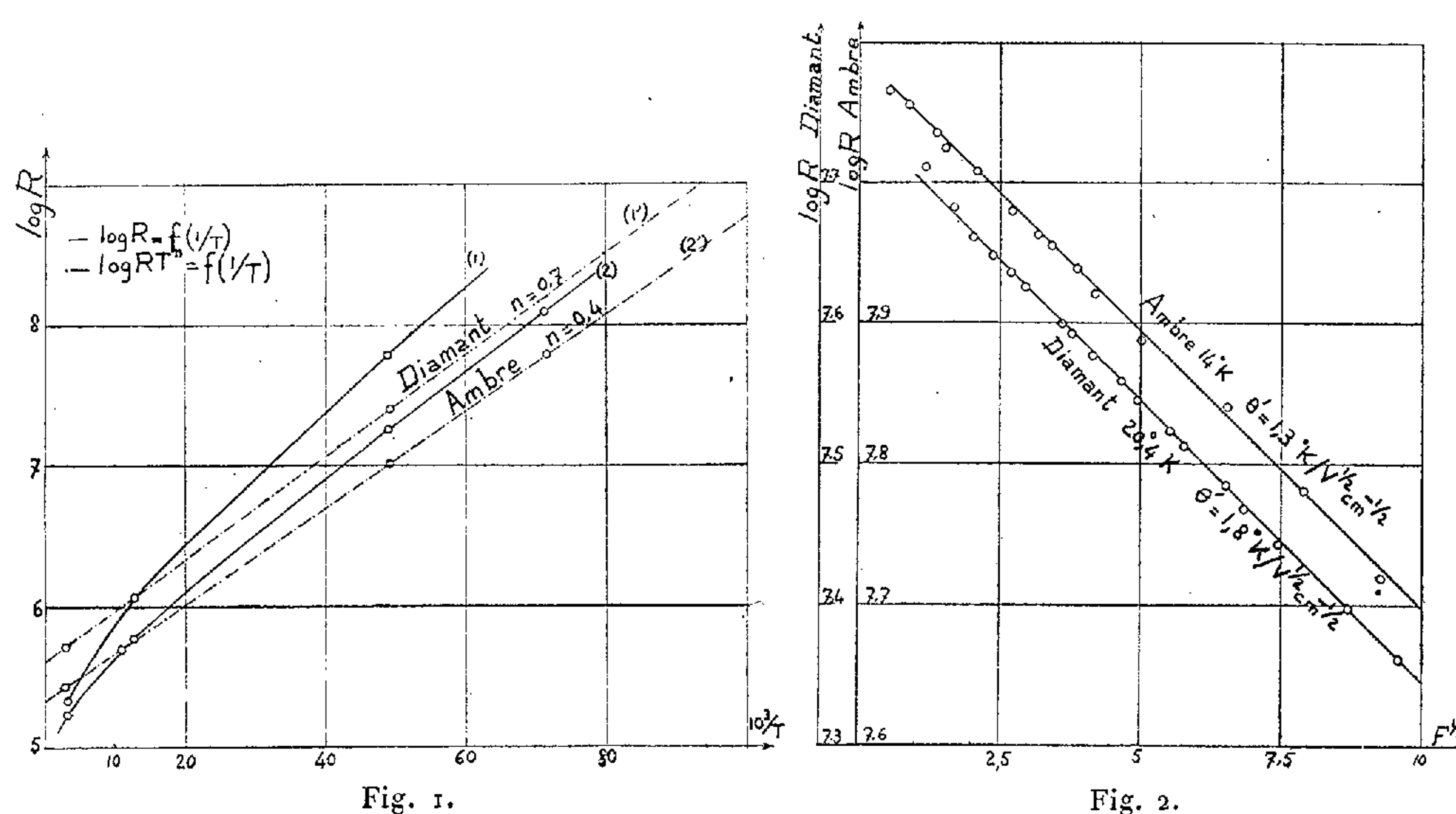


Fig. 1. Fig. 2.

La figure 2 représente pour les mêmes dépôts les variations de log R avec $F^{1/2}$. La relation linéaire se trouve vérifiée pour les champs moyens allant jusqu'à 100 V : cm et même quelquefois au delà. Les valeurs θ' sont généralement supérieures à 4° K : $V^{1/2}.cm^{-1/2}$ (valeur théorique basée sur l'effet Schottky), mais elles peuvent être aussi inférieures. Pour la seule couche faite sur diamant, on trouve $\theta' = 1,8$°K : $V^{1/2}.cm^{-1/2}$.

Les courbes n'ont pas été prolongées vers la région des potentiels très faibles, parce qu'on y a observé pour certains dépôts des anomalies dont nous recherchons actuellement l'origine.

L'intérêt de ces résultats est de montrer que les propriétés semi-conductrices

des films métalliques très minces et l'effet du potentiel sur ceux-ci sont indépendants de la nature chimique du support et ne sont certainement pas dus à l'interaction des ions tels que O^-, Cl^-, F^- du support, étant donné que les films de Pt réalisés dans un très bon vide sur des supports non oxygénés (diamant) se comportent de la même manière que les films déposés sur des supports contenant des ions oxygène. La semi-conductivité des films métalliques très minces ne semble donc pas être une semi-conductivité d'impureté dans laquelle le support jouerait un rôle essentiel.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'effet de proximité et le coefficient d'induction mutuelle en haute fréquence d'un fil et d'une portion de plan de grande épaisseur, conducteurs et parallèles.* Note de M. **Antoine Colombani**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Considérons un fil conducteur indéfini de faible rayon a parcouru par un courant alternatif I de haute fréquence parallèle à une distance d à un plan conducteur de grande épaisseur. Du fait de la présence du plan, la répartition du courant dans le fil n'est plus celle de l'effet Kelvin ordinaire. Nous allons *très brièvement* résumer les calculs auxquels cette étude conduit.

En un point P du plan, le champ total H s'obtient en composant le champ $2\,I/r$ créé par le fil et celui, égal en grandeur, créé par l'image du fil par rapport au plan.

$$H = \frac{4I}{r}\cos\theta = \frac{4I}{r^2}d \quad (\textit{fig. } 1).$$

D'autre part, la densité superficielle sur le plan $\mathcal{J}_s = -H/4\pi = -(I/\pi)\,d/(d^2+x^2)$ qui est évidemment maxima sous le conducteur, donne l'intensité totale induite :

$$|I_i| = -\int_{-\infty}^{+\infty} \mathcal{J}_s\,dx = \frac{2I}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{x}{d} = I.$$

L'intensité totale induite dans le plan est égale à celle qui parcourt le fil. Ensuite, les courants induits créent dans le fil un champ magnétique :

$$H' = \int 2\frac{\mathcal{J}_s}{r}\,dx\cos\theta = -\frac{2I}{\pi}d^2\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{dx}{(x^2+d^2)^2} = \frac{-I}{d}.$$

Supposons, pour simplifier $\alpha < \varepsilon$. $[\varepsilon = (1/\sqrt{2\pi\omega\gamma})$, effet de peau dans le fil de conductibilité $\gamma]$. Si h' est le champ électrique dirigé suivant l'axe du fil (*fig.* 2), on a $\partial h'/\partial z = \omega H'$. D'où la densité de courant i_a variable à la sur-

---

([1]) A. Colombani, *J. Phys.*, 10, 1949, p. 285.

face du fil

$$i_d = \gamma h' = i_{d_0} + \omega\gamma H'_z = i_{d_0}\left[1 + \frac{\pi\omega\gamma a^2}{d}\cos\theta\right] \qquad \text{avec} \quad i_{d_0} = \frac{I}{\pi a^2} \quad (^1).$$

Sa valeur minima $i_{d_0}[1 - (a^2/2\varepsilon^2 d)]$ ne peut être nulle dans notre hypothèse ($a < \varepsilon$). Sa valeur maxima $i_{d_0}[1 + (a^2/2\varepsilon^2 d)]$ se trouve évidemment sous le conducteur.

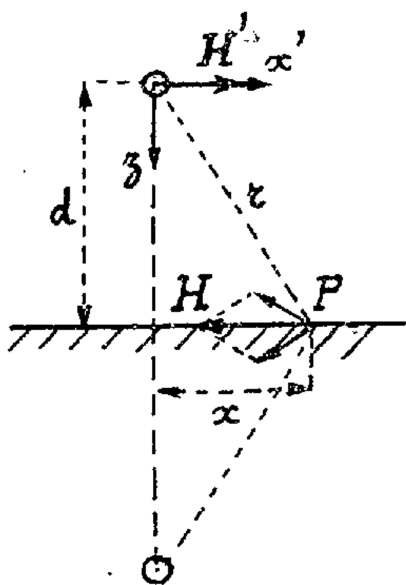


Fig. 1.

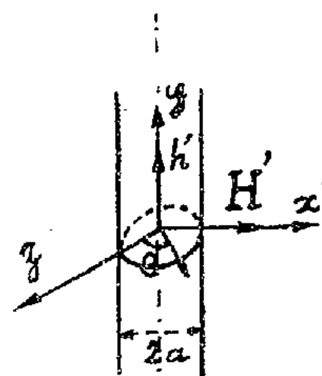


Fig. 2.

Le rayon a étant toujours petit, supposons maintenant la pulsation ω très grande. Appelons $\varepsilon' = (2\pi\omega\mu\gamma')^{-1/2}$ l'épaisseur de peau correspondant au plan de conductibilité γ', de longueur infinie et de largeur l parallèle au fil. On a $\mathcal{I}_s = \mathcal{I}_{\varepsilon'}$ ($\mathcal{I}$ densité moyenne dans l'épaisseur ε'). L'effet Joule dans la plaque vaut

$$W_{jp} = \frac{l}{2}\iiint \gamma' h^2\, dv = \frac{l}{2\gamma'\varepsilon'}\int_{-\infty}^{+\infty} \mathcal{I}_s^2\, dx = \frac{I^2 l}{4\pi\gamma'\varepsilon' d}.$$

Si l'on remarque que pour une longueur l et pour une pénétration ε la résistance initiale du fil était $l/2\pi\gamma\varepsilon a$, sa résistance apparente sera donc

$$R = \frac{l}{2}\left[\frac{1}{\gamma\varepsilon a} + \frac{1}{\gamma'\varepsilon' d}\right].$$

Si $\gamma\varepsilon = \gamma'\varepsilon'$, on a

$$R = \frac{l}{2\pi\gamma\varepsilon}\left[\frac{1}{a} + \frac{1}{d}\right].$$

Le calcul de la variation de self du conducteur sous l'influence du plan peut s'obtenir en évaluant l'énergie électromagnétique $W_{mp} = \iiint \frac{\mu}{8\pi} H^2 dv$ créée dans la plaque. On obtient

$$W_{mp} = \frac{\mu l}{\pi}\varepsilon' I^2 \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dx}{r^2}\cos^2\theta = \frac{I^2 \mu \varepsilon' l}{2d}.$$

L'intensité totale étant la même dans la plaque et dans le fil, on en déduit la

variation de self du fil

$$\Delta L = \frac{\mu\varepsilon' l}{d} = \frac{1}{d}\sqrt{\frac{\mu}{2\pi\omega\gamma'}}.$$

Remarquons d'ailleurs que $\omega(\Delta L/\Delta R) = 1$. De même, on obtient aisément le coefficient d'induction mutuelle par la relation

$$j M\omega = l\left[\frac{1}{2\pi\gamma'\varepsilon' d} + \frac{j\mu\varepsilon'\omega}{d}\right], \qquad \text{d'où} \qquad M = \frac{\mu\varepsilon'}{d} l\sqrt{2} = \frac{1}{d}\sqrt{\frac{\mu}{\pi\omega\gamma'}}.$$

Enfin, si le rayon a a des dimensions finies, il suffit, comme on le sait, de remplacer dans les formules précédentes la distance d par $(d^2 - a^2)^{\frac{1}{2}}$. On obtient en particulier

$$\Delta R = \frac{l}{2\pi\gamma'\varepsilon'(d^2 - a^2)^{\frac{1}{2}}}, \qquad \Delta L = \frac{\mu\varepsilon' l}{(d^2 - a^2)^{\frac{1}{2}}}, \qquad M = \frac{\mu\varepsilon' l\sqrt{2}}{(d^2 - a^2)^{\frac{1}{2}}}.$$

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur l'expression analytique du principe de Huyghens pour les ondes électromagnétiques*. Note (*) de M. **António da Silveira**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans un champ électromagnétique, représenté par les vecteurs $\vec{E}$ et $\vec{H}$, considérons un domaine v limité par une surface fermée S et supposons que les sources de ce champ soient toutes extérieures à v et à S. Larmor a trouvé une distribution superficielle de sources fictives, électriques et magnétiques, sur S, qui donne le champ réel en tout point P intérieur à v et un champ nul en tout point extérieur à v. Démontrer les formules proposées par Larmor revient à intégrer le système simultané des équations de Maxwell. Pour y arriver, le plus naturel et le plus simple est de partir d'une identité intégrale qui contienne explicitement les divergences et les rotationnels du champ. Cette identité, un peu oubliée, peut être établie de la façon suivante. Considérons deux champs de vecteurs $\vec{X}$ et $\vec{Z}$ fonctions régulières d'un point courant Q en v et sur S. Soit $\vec{n}$ le vecteur unité de la normale à S dirigé vers l'intérieur de v. On a d'abord l'identité

$$(1) \qquad \int\left\{\vec{X}\,\text{div}\,\vec{Z} + (\vec{Z}, \text{grad})\vec{X}\right\} dv = -\int(\vec{n}, \vec{Z})\vec{X}\, dS,$$

que l'on déduit facilement de la première identité de Green. Permutons $\vec{X}$

(*) Séance du 29 octobre 1951.

avec $\vec{Z}$ et additionnons. Introduisant les identités

$$\operatorname{grad}(\vec{X}, \vec{Z}) = (\vec{X}, \operatorname{grad})\vec{Z} + (\vec{Z}, \operatorname{grad})\vec{X} + [\vec{X}, \operatorname{rot}\vec{Z}] + [\vec{Z}, \operatorname{rot}\vec{X}],$$
$$\int \operatorname{grad}(\vec{X}, \vec{Z})\, dv = -\int (\vec{X}, \vec{Z})\vec{n}\, dS,$$

on obtient facilement

$$(2) \quad \int \{\vec{X}\operatorname{div}\vec{Z} + \vec{Z}\operatorname{div}\vec{X} + [\operatorname{rot}\vec{X}, \vec{Z}] + [\operatorname{rot}\vec{Z}, \vec{X}]\}\, dv$$
$$= -\int \{(\vec{n}, \vec{X})\vec{Z} + [[\vec{n}, \vec{X}], \vec{Z}]\}\, dS \quad = -\int \{(\vec{n}, \vec{Z})\vec{X} + [[\vec{n}, \vec{Z}], \vec{X}]\}\, dS.$$

Cette identité remarquable a été utilisée dans le temps par Vaschy et Pomey en théorie de l'électricité.

Soit maintenant P un point paramètre, intérieur ou extérieur au domaine v, r la distance PQ. Considérons dans le vide une onde monochromatique de fréquence $kc/2\pi$. Pour appliquer l'identité au cas qui nous intéresse faisons

$$(3) \qquad \vec{X} = \vec{E}, \qquad \vec{Z} = \operatorname{grad}\Phi, \qquad \Phi = \frac{e^{-ikr}}{r}$$

et introduisons les équations de Maxwell dépourvues des charges et des courants électriques et magnétiques

$$(4) \qquad \operatorname{rot}\vec{E} = -ik\vec{H}, \qquad \operatorname{div}\vec{H} = 0;$$
$$(5) \qquad \operatorname{rot}\vec{H} = \quad ik\vec{E}, \qquad \operatorname{div}\vec{E} = 0.$$

Nous avons $\operatorname{div}\vec{Z} = \operatorname{lap}\Phi = -k^2\Phi$ et, d'autre part,

$$[\operatorname{rot}\vec{E}, \operatorname{grad}\Phi] = -ik[\vec{H}, \operatorname{grad}\Phi] = k^2\Phi\vec{E} + ik\operatorname{rot}(\Phi\vec{H}).$$

Utilisant ensuite la formule du rotationnel il vient

$$(6) \qquad \int \left\{ -ik[\vec{n}, \vec{H}]\Phi + (\vec{n}, \vec{E})\operatorname{grad}\Phi + \left[[\vec{n}, \vec{E}], \operatorname{grad}\Phi\right] \right\} dS = 0.$$

La fonction Φ devient infinie au point $P(r=0)$ si ce point est intérieur à v. Pour lever la difficulté on considère une sphère S′ de centre P dont on fait tendre le rayon R vers zéro. Le domaine v est alors limité par S et S′. Le premier terme de l'intégrale (6) étendue à S′ tend vers zéro avec R, les deux autres tendent vers $-4\pi\vec{E}(P)$. On a finalement

$$(7) \quad 0 \ \text{ou}\ 4\pi\vec{E}(P) = \int \left\{ -ik[\vec{n}, \vec{H}]\Phi + (\vec{n}, \vec{E})\operatorname{grad}\Phi + \left[[\vec{n}, \vec{E}], \operatorname{grad}\Phi\right] \right\} dS,$$

0, si P est extérieur, $4\pi\vec{E}(P)$ si P est intérieur à v.

Les équations de Maxwell étant invariantes dans la transformation $\vec{E} \to \vec{H}$ et $\vec{H} \to -\vec{E}$, on a aussi

$$(8) \quad o \text{ ou } 4\pi\vec{H}(P) = \int \left\{ ik[\vec{n}, \vec{E}]\Phi + (\vec{n}, \vec{H})\,\text{grad}\,\Phi + \left[[\vec{n}, \vec{H}], \text{grad}\,\Phi\right] \right\} dS.$$

Ce sont les formules de Larmor-Tedone ([1]) retrouvées sous cette forme par Stratton et Chu ([2]). En effet si l'on introduit les potentiels V, $\vec{A}$ et les antipotentiels V', $\vec{A}'$ électromagnétiques, définis par

$$(9) \qquad V = \frac{1}{4\pi}\int (\vec{n}, \vec{E})\,\Phi\, dS, \qquad \vec{A} = \frac{c}{4\pi}\int [\vec{n}, \vec{H}]\,\Phi\, dS,$$

$$V' = \frac{1}{4\pi}\int -(\vec{n}, \vec{H})\,\Phi\, dS, \qquad \vec{A}' = \frac{c}{4\pi}\int [\vec{n}, \vec{E}]\,\Phi\, dS,$$

ces formules prennent la forme, si P est intérieur à v :

$$(10) \qquad \vec{E} = -ik\vec{A} - \text{grad}_P V + \text{rot}_P \vec{A}',$$

$$(11) \qquad \vec{H} = ik\vec{A}' + \text{grad}_P V' + \text{rot}_P \vec{A}.$$

Dans le plus simple problème de diffraction on doit intégrer dans les formules (9) non pas sur une surface S fermée, mais sur une surface Σ limitée par un contour γ. Dans ce cas les formules (10) et (11) ne satisfont plus aux équations de Maxwell. On vérifie que les relations de Lorentz entre les potentiels, garantes analytiques des équations de conservation, si elles sont identiquement satisfaites dans le cas de la surface S (fermée) ne le sont plus dans le cas de la surface Σ. Pour que V et $\vec{A}$ soient de véritables potentiels électromagnétiques ils doivent satisfaire la relation $\dot{V} + c\,\text{div}\,\vec{A} = 0$, ce qui donne

$$ikV_P = ik\int (\vec{n}, \vec{E})\,\Phi\, dS = -\text{div}_P \int [\vec{n}, \vec{H}]\,\Phi\, dS.$$

On a une relation analogue pour V'_P. Si l'on substitue en (10) et (11) il vient

$$\vec{E} = -ik\vec{A} + \frac{1}{ik}\text{grad}_P\,\text{div}_P\,\vec{A} + \text{rot}_P\,\vec{A}', \qquad \vec{H} = ik\vec{A}' - \frac{1}{ik}\text{grad}_P\,\text{div}_P\,\vec{A}' + \text{rot}_P\,\vec{A}.$$

Ce sont les formules proposées par le professeur L. de Broglie ([3]) qui contiennent des intégrales de surface équivalentes aux intégrales de contour des formules de Kotler.

([1]) V. Baker et Copson, *The Mathematical Theory of Huygens Principle.*

([2]) Stratton et Chu, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 99.

([3]) *Progagations guidées des ondes électromagnétiques.*

Note du présentateur. — La démonstration développée dans la Note de M. António da Silveira est extrêmement voisine de celle que M. Émile Durand a donnée indépendamment dans une Note récente [*Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1008].

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la chaleur spécifique du benzène aux basses températures.* Note de M. **Henri Poulet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le calcul de la chaleur moléculaire du benzène cristallisé à partir des fréquences du spectre de diffusion est en accord avec l'hypothèse que les raies 35 et 69 cm^{-1} sont dues à des fréquences fondamentales.

Lord, Ahlberg et Andrews (1) ont calculé la chaleur moléculaire du benzène en considérant que les vibrations intermoléculaires et les vibrations de torsion (pivotements) des molécules, inconnues à cette époque, pouvaient être représentées par un seul terme de Debye 6 RD (θ/T) dans lequel $\theta = 150°$.

Mais à la suite des travaux de Fruhling (2) sur les raies de basses fréquences du spectre Raman d'un monocristal, raies dues aux pivotements des molécules autour de leurs axes d'inertie, il apparaît qu'une évaluation plus rigoureuse de la chaleur moléculaire doit en tenir compte (3). La contribution à la chaleur moléculaire est calculée à l'aide de fonctions d'Einstein, ces fréquences étant des fréquences optiques. Ces raies, au nombre de quatre ($\nu_1 = 35$ cm^{-1}; $\nu_2 = 63$ cm^{-1}; $\nu_3 = 69$ cm^{-1}; $\nu_4 = 105$ cm^{-1}, à 0°C), dépendent fortement de la température et les variations de leurs fréquences ont été étudiées entre — 10° et — 190° C (4); il nous a paru légitime d'extrapoler les données jusqu'au voisinage du zéro absolu.

Le dénombrement des mouvements conduit pour la chaleur moléculaire du benzène à la formule :

$$4C_v = 3RD\left(\frac{\theta_m}{T}\right) + R\sum_1^9 E\left(\frac{\theta_k}{T}\right) + R\sum_1^{12} E\left(\frac{\theta_j}{T}\right) + 4R\sum_1^{30} E\left(\frac{\theta_i}{T}\right), \qquad (1)$$

dans laquelle les indices m, k, j, i correspondent respectivement aux fréquences acoustiques, de translation, de pivotement et aux fréquences internes de la molécule isolée, qui ne diffèrent pas dans le cristal, à la précision des mesures près, des fréquences de la molécule dans le liquide. Ces dernières

(1) *J. of Chem. Phys.*, 1, 1937, p. 649.

(2) *J. de Phys.*, 9, 1948, p. 84; *J. of Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1119 et *Thèse*, Paris, 1950.

(3) M. Rousset a obtenu des valeurs inexactes en calculant la chaleur moléculaire du benzène (*Comptes rendus*, 219, 1944, p. 546), parce qu'il a utilisé par erreur non pas les fonctions d'Einstein E, mais leurs valeurs déjà multipliées par R/J.

(4) Ichishima, Mizushima, *J. of Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1686.

sont connues : leur contribution à la chaleur moléculaire a été calculée par Lord ([1]), ainsi que la correction $C_p - C_v$. Nous les utiliserons, en notant que ces deux séries de valeurs ne jouent qu'un rôle assez faible jusqu'à 100° K.

Les oscillations de translation s'effectuent suivant les axes de la maille; elles sont toutes du type u; il s'ensuit qu'elles sont inactives en diffusion, elles sont aussi inactives en infrarouge ([2]). Par conséquent, nous ne pouvons les utiliser, mais nous remarquons que le réseau des centres de gravité des molécules peut être considéré comme un réseau unique de points congruents ([5]). Cela revient à inclure ces fréquences de translation dans les fréquences acoustiques. Aux très basses températures ($T \leq 8°$ K), elles interviennent seules dans le calcul de C_v, ce qui permet de déterminer la température caractéristique $\theta_m = 116°$ K. Avec cette hypothèse, l'expression (1) devient :

$$C_v = 3\,\mathrm{RD}\left(\frac{\theta_m}{T}\right) + \frac{1}{4}\mathrm{R}\sum_{1}^{12}\mathrm{E}\left(\frac{\theta_j}{T}\right) + \mathrm{R}\sum_{1}^{30}\mathrm{E}\left(\frac{\theta_i}{T}\right). \tag{2}$$

Les 12 fréquences de pivotement, actives en diffusion, se décomposent comme suit :

a. pivotements autour des axes d'inertie U et V dans le plan de la molécule : quatre fréquences, non séparables expérimentalement, égales à 63 cm^{-1}, et quatre fréquences également non séparables, égales à 105 cm^{-1}.

b. pivotements autour de l'axe sénaire W : deux fréquences égales à 35 cm^{-1} et deux fréquences égales à 69 cm^{-1}. Pour expliquer le caractère de polarisation de ces raies, Fruhling a dû supposer que le pivotement autour de l'axe d'ordre 6 entraînait une déformation intense de la polarisabilité, les fréquences diffusées étant doubles des fréquences mécaniques de pivotement.

Comme nous allons le voir, le calcul de la chaleur moléculaire ne semble pas devoir confirmer cette hypothèse. Voici les résultats obtenus en utilisant la formule (2) et les fréquences : 35, 69, 63 et 105 cm^{-1}, compte tenu de leur variation avec la température ([4]) :

T° K.	C_p calc.	C_p obs ([1]).	T° K.	C_p calc.	C_p obs.	T° K.	C_p calc.	C_p obs.
4..	0,019	0,0195	20..	2,07	1,84	60..	9,09	9,32
6..	0,064	0,065	25..	3,28	3,00	70..	9,96	10,16
8..	0,153	0,147	30..	4,46	4,24	80..	10,69	10,85
10..	0,301	0,346	40..	6,46	6,47	90..	11,34	11,44
15..	0,997	0,920	50..	7,95	8,14	100..	11,96	11,99

L'utilisation des fréquences 35/2 et 69/2 cm^{-1} donnerait des valeurs trop fortes pour C_p.

([5]) A. ROUSSET, *La diffusion de la lumière par les molécules rigides*. Gauthier-Villars, Paris, 1947.

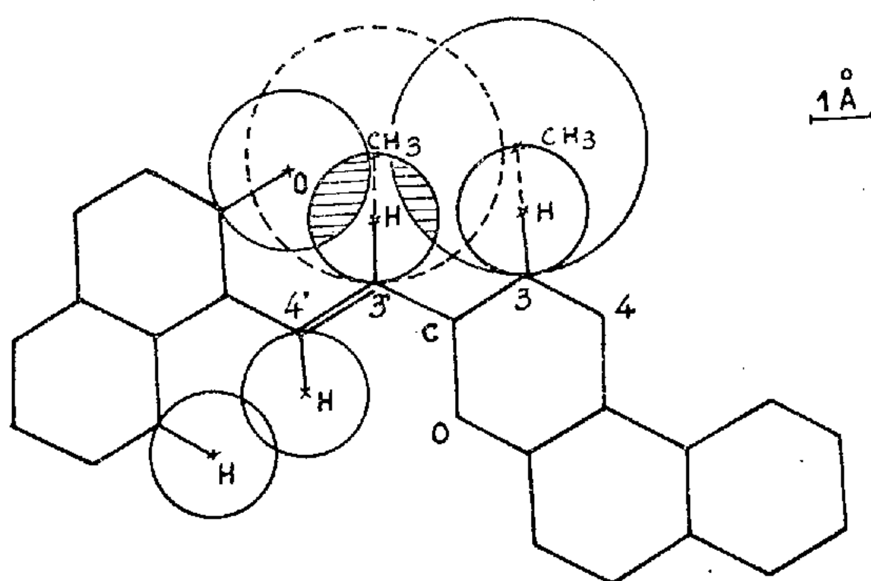
CHIMIE PHYSIQUE. — *Effets stériques de substituants au voisinage du carbone central sur la thermochromie des bis-β-naphtopyrylospiranes*. Note (*) de

M. **Paul Rumpf** et M[lle] **Odile Chaudé**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des considérations stériques faisant intervenir la règle de coplanéité des systèmes mésomères et les tensions de cycles permettent d'interpréter l'influence de substituants hydrocarbonés sur les chaleurs de transformation de divers pyrylospiranes en forme colorée.

Le but de la présente Note est l'interprétation des différences observées (1) entre les chaleurs de transformation de divers *bis*-β-naphtopyrylospiranes substitués en 3 et 3′, c'est-à-dire sur les carbones voisins du carbone central.

La forme incolore, à carbone central tétraédrique, est constituée par deux parties situées dans des plans sensiblement perpendiculaires. Lors de l'ouverture d'un cycle oxygéné, le passage du carbone central à l'état tricoordiné permet l'apparition de la couleur par transformation de la molécule en un système mésomère unique (2); mais on sait que cette mésomérie implique une coplanéité plus ou moins parfaite de l'ensemble de la molécule.



Considérons tout d'abord le cas où une position 3 au plus est substituée. A l'aide des modèles de Stuart-Leybold, on voit aisément que, pour la forme ouverte, la configuration la moins encombrée peut être représentée par la figure ci-jointe : le substituant est nécessairement situé sur le cycle non ouvert; la coplanéité n'est que très faiblement gênée par l'interaction entre $H_{3'}$ et O. Les substituants en 3 autres que l'hydrogène tendent égale-

(*) Séance du 12 novembre 1951.

(1) O. Chaudé et P. Rumpf, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 405.

(2) P. Rumpf, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, (5), **11**, 1944, p. 284-288.

ment à s'opposer à la planéité de la forme ouverte, mais cet encombrement n'est pas suffisant pour empêcher l'établissement d'un système mésomère unique, à condition toutefois que les groupements particulièrement volumineux aient tourné d'un certain angle en dehors du plan du reste de la molécule. La faible gêne stérique apportée par ces substituants en 3 (qui n'intervient pas pour la forme fermée) se traduit par une énergie d'interpénétration que surmonte l'effet énergétique de la mésomérie, mais qui diminue d'autant la stabilité de la forme ouverte. Sur le tableau de la Note (¹), on voit effectivement que l'endothermicité du passage à la forme colorée est plus faible pour le composé (I) que pour les spiranes substitués. On voit aussi que les chaleurs de transformation des composés (II) et (III) sont très peu différentes : à condition que l'isopropyle se place en dehors du plan du système ouvert, son encombrement est à peine supérieur à celui du méthyle. Bien que l'encombrement d'un groupement phényle soit à peu près égal à celui d'un isopropyle, le composé (IV) a une chaleur de transformation plus grande : l'examen des modèles montre que si le phényle doit se placer en dehors du plan de la molécule ouverte, rien ne l'empêche de se conjuguer avec la partie correspondante de la molécule fermée; d'où la nécessité d'un apport d'énergie supplémentaire, correspondant à la rupture de conjugaison du phényle, pour passer à la forme ouverte.

Dans le cas de deux substituants en 3 et 3′, la forme ouverte que l'on peut envisager n'est plus plane; elle est donc très défavorisée du point de vue énergétique. C'est ainsi que, même pour le diméthyl-3.3′ *bis*-β-naphtopyrylospirane, on ne peut faire apparaître de coloration par simple élévation de la température. Pour le cyclodiméthylène-3.3′ *bis*-β-naphtopyrylospirane (V), la petitesse des angles intérieurs du cycle penta-atomique entraîne une déflexion de la liaison $C_{3'}$—$C_{\text{méthylénique}}$ dans un sens tel qu'elle diminue l'encombrement stérique. La résistance à la coplanéité est cependant plus grande pour le composé (V) que pour les spiranes monosubstitués et l'on pourrait s'attendre à l'absence de thermochromie, si le pont diméthylénique ne diminuait pas la stabilité de la forme fermée en exerçant de fortes tensions sur les cycles oxygénés dans le sens d'une ouverture. Dans le cas d'un pont tri- ou tétraméthylénique, cet effet de tension sur la molécule fermée tend à disparaître, en même temps que l'encombrement stérique augmente dans la forme ouverte : la thermochromie, nette pour le composé (V), se montre très faible pour le cyclotriméthylène-3.3′ *bis*-β-naphtopyrylospirane et inexistante pour le cyclotétraméthylène-3.3′ *bis*-β-naphtopyrylospirane.

Le fait que les maximum d'absorption soient situés à la même longueur d'onde prouve effectivement que les divers *bis*-β-naphtopyrylospiranes thermochromes admettent une même forme ouverte suffisamment plane. L'absence d'influence du phényle sur le spectre de la forme ouverte, contrai-

rement à ce que l'on constate pour la forme fermée, montre que le substituant en position 3 est bien en dehors du plan de l'ensemble de la molécule colorée.

L'action des acides sur tous ces composés provoque aussi une coloration, généralement comparable à celle qui est obtenue par chauffage. Mais l'ouverture acide, facilitée par la fixation d'un ion H^+, peut avoir lieu même quand la planéité de la forme ouverte n'est pas parfaitement réalisable; on observe alors un effet hypsochrome, de plus en plus prononcé si l'on étudie successivement les dérivés cyclodiméthylénique, cyclotriméthylénique et diméthylé en 3 et 3'.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la conductivité électrique des solutions d'acide fluoborique et de divers fluoborates métalliques.* Note de Mlle **Élisabeth Billard**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude de la conductivité des solutions d'acide fluoborique et de divers fluoborates met en évidence deux sortes d'acide : pour les concentrations élevées, il semble que l'on soit en présence du véritable acide fluoborique $(BF_4)H$ et pour les faibles concentrations, d'un acide hydroxyfluoborique.

Nos recherches ont porté sur l'acide fluoborique et sur les fluoborates de cadmium, de chrome, de cobalt, de cuivre, de manganèse et de nickel que nous avons préparés par action du carbonate ou de l'oxyde métallique sur l'acide fluoborique [1].

Les mesures électriques ont été effectuées avec un pont de Kohlrausch muni d'un amplificateur à deux étages avec haut-parleur; un réglage convenable de cet amplificateur permettait de repérer le minimum avec une grande précision. La température du liquide était maintenue constante à 0°,1C et nous avons travaillé entre 20 et 30°C.

Donnons quelques résultats numériques, pour l'acide fluoborique, à 20°C, c désigne la concentration en équivalents, χ est la conductivité spécifique et Λ la conductivité équivalente.

c.	$\sqrt{c}$.	χ.	Λ.
1,38	1,117	0,0412	0,298
0,138	0,371	0,0443	0,321
0,055	0,234	0,0514	0,934
0,028	0,167	0,0256	0,914
0,014	0,118	0,0152	1,08

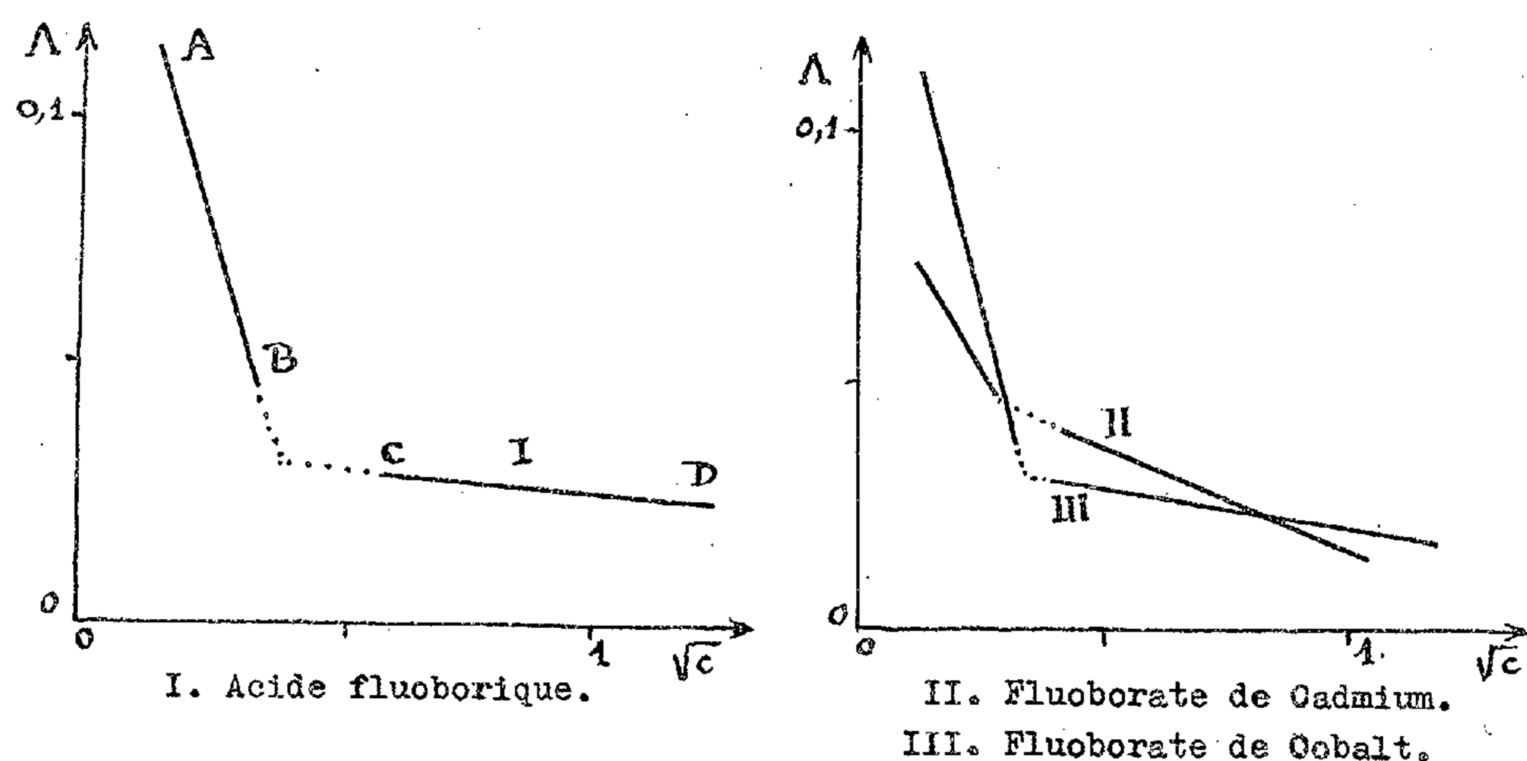
Appliquons la relation de Kohlrausch : $\Lambda = \Lambda\infty - a\sqrt{c}$ et représentons les variations de la conductivité équivalente en fonction de la racine carrée de la concentration calculée en équivalents.

Nous obtenons, pour chacune des solutions étudiées, une courbe qui présente

---

(1) *Diplôme d'Études supérieures*, Poitiers, 1951.

deux branches sensiblement rectilignes, mais de pentes nettement différentes. Les figures ci-dessous reproduisent trois de ces diagrammes. Les autres composés étudiés conduisent à des résultats analogues; la discontinuité est cependant moins nette dans le cas des fluoborates de cuivre et de nickel.



I. Acide fluoborique.

II. Fluoborate de Cadmium.
III. Fluoborate de Cobalt.

La branche CD à faible coefficient angulaire correspond sans doute à l'acide fluoborique BF_4H et la branche AB à un acide hydroxyfluoborique, probablement $[BF_3(OH)]H$ beaucoup plus fort.

Ces premiers résultats de l'étude que nous avons entreprise étendent et complètent ceux de Wamser (2). Les mesures conductrimétriques nous permettent de suivre l'évolution au cours du temps de ces diverses solutions.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur les règles pratiques du dénombrement des intégrales moléculaires intervenant dans le calcul des interactions de configuration.* Note (*) de MM. **Odilon Chalvet**, **Raymond Daudel**, Mme **Monique Roux**, MM. **Camille Sándorfy** et **Claude Vroelant**, présentée par M. Louis de Broglie.

Des travaux récents (1) ayant souligné l'importance de l'interaction configurationnelle, il nous a semblé utile de présenter sous une forme simple et systématique les règles qui permettent de mener à bien les calculs.

Chaque configuration est définie par l'ensemble des *spinorbitales* moléculaires occupées par un électron.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, **70**, 1948, p. 1209. *Voir* aussi : Booth and Martin, *Boron Trifluoride and its derivatives*, p. 93 et 94, New-York et Londres, 1949.

(*) Séance du 5 novembre 1951.

(1) *Voir* par exemple : Coulson et Fischer, *Phil. Mag.*, **11**, 1949, p. 386; Craig, *Proc. Roy. Soc.*, A, **200**, 1950, p. 272; Jacobs, *Proc. Phys. Soc.*, **42**, 1949, p. 710; Sandorfy, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2449; Daudel et Laforgue, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 623.

Pour un problème à n électrons il y a deux n niveaux électroniques L. C. A. O. A chaque niveau i correspond deux fonctions spinorbitales $\varphi_{i\alpha}$ et $\varphi_{i\beta}$ selon le spin. Une configuration donnée sera notée en plaçant dans deux parenthèses les indices i des spinorbitales occupées : dans la première parenthèse ceux correspondant aux spins α, dans la seconde ceux relatifs aux spins β; dans chaque parenthèse les indices sont rangés dans l'ordre des niveaux. La fonction Φ_p, associée à la configuration p est alors *un* déterminant du type de Slater construit sur les φ. Le calcul des interactions de configuration se ramène à l'expression des éléments de matrice :

$$H_{pq} = \int \Phi_q H \Phi_p d\tau$$

en fonction des intégrales

$$\varepsilon_i = (ii,) = \int \varphi_i(u)\, h\, \varphi_i(u)\, d\tau_u, \qquad \varepsilon_{ij} = (ij,) = \int \varphi_i(u)\, h\, \varphi_j(u)\, d\tau_u$$

(h représente l'énergie cinétique et l'interaction avec les cœurs)

$$\gamma_{ij} = (ii, jj) = \int \varphi_i(u)\, \varphi_j(v)\, \frac{e^2}{r_{uv}}\, \varphi_i(u)\, \varphi_j(v)\, d\tau_u\, d\tau_v,$$

$$\delta_{ij} = (ij, ij) = (ij, ji) = \int \varphi_i(u)\, \varphi_j(v)\, \frac{e^2}{r_{uv}}\, \varphi_j(u)\, \varphi_i(v)\, d\tau_u\, d\tau_v,$$

$$\zeta_{ij}^{kl} = (ij, kl) = \int \varphi_i(u)\, \varphi_k(v)\, \frac{e^2}{r_{uv}}\, \varphi_j(u)\, \varphi_l(v)\, d\tau_u\, d\tau_v.$$

A. *Calcul des termes diagonaux* H_{pp}. Dans ces termes :

a. chaque *spinorbitale* occupée φ_i introduit *une* intégrale $(ii,)$.

b. chaque *couple de spinorbitales* occupées introduit soit *un* terme (ii, ii), soit *un* terme (ii, jj) selon qu'elles correspondent ou non au même niveau.

c. chaque couple de spinorbitales présentant le même spin introduit un terme $-(ij, ij)$

B. *Calcul des termes non diagonaux* H_{pq}. Les configurations p et q ne donnent d'éléments H_{pq} non nuls que si elles ne diffèrent pas par plus de deux spinorbitales occupées et correspondent à la même projection de spin.

a. Si elles diffèrent par deux spinorbitales soit i et j pour p et k et l pour q, (on peut avoir $i = j$ et $k = l$) on aura

$$H_{pq} = (-1)^n (ik, jl) - \tau(-1)^n (il, jk)$$

si l'on convient de donner dans les Φ le signe positif aux permutations qui, dans chaque parenthèse, classent les variables dans l'ordre des niveaux, la première parenthèse contenant les premières variables. τ est égal à zéro si les deux spinorbitales φ_i et φ_j sont de spin différent, à un dans le cas contraire.

On a supposé que dans la notation des configurations p et q on rencontre i avant j et k avant l lorsque ces indices diffèrent.

n présente la parité de la permutation qui transforme la notation de la configuration q en une notation où les spinorbitales occupent le même rang que dans la notation normale de la configuration p, k devant toujours se rencontrer avant l si $k \neq l$.

Si $i = j$ et $k \neq l$ les deux spinorbitales de p différentes de celles de q sont $\varphi_{i\alpha}$ et $\varphi_{i\beta}$; on a alors :

$$H_{pq} = (-1)^n (ik, il).$$

Si $i = j$ et $k = l$,

$$H_{pq} = (-1)^n (ik, ik).$$

b. Si les configurations p et q diffèrent par une seule spinorbitale soit φ_i pour p et φ_k pour q on a dans les mêmes conditions :

$$H_{pq} = (-1)^n \left\{ (ik,) + \sum_{r \neq i} (ik, rr) - \sum_{s \neq i} (is, ks) \right\},$$

r est l'indice d'une spinorbitale occupée. Dans la somme Σ on écrira deux fois l'intégrale (ik, rr) si les configurations contiennent à la fois $\varphi_{r\alpha}$ et $\varphi_{r\beta}$.

s est l'indice d'une spinorbitale occupée de même spin que i.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de quelques thioaluminates.*

Note de M. **Jean Flahaut**, présentée par M. Paul Lebeau.

Extension à un certain nombre de thioaluminates d'une méthode de préparation du sulfure d'aluminium décrite précédemment. Détermination de la structure cristalline par les rayons X : les thioaluminates de zinc et de chrome sont cubiques du type spinelle; ceux de magnésium, de manganèse et de fer rhomboédriques, et celui de plomb quadratique. Passage aux aluminates par grillage; application à la préparation de l'aluminate de plomb.

La préparation du sulfure d'aluminium que nous avons décrite dans une précédente Note ([1]), a été étendue à des combinaisons de ce corps avec les sulfures de divers métaux bivalents. Ces composés sont peu connus. Il n'existe aucune description de leurs propriétés, en dehors de la couleur, de l'attaque par les acides ([2]), et, pour le thioaluminate de plomb, de la densité et du point de fusion ([3]).

Des quantités bien déterminées de fine limaille d'aluminium et du sulfure métallique SM sont mélangées intimement avec un léger excès de soufre.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 334.

([2]) Houdard, *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 801 et p. 1114.

([3]) Monselire et Scaccabarozzi, *Gaz. chim. italiana*, **67**, 1937, p. 511.

La masse est portée vers 140°, et solidifiée par refroidissement. L'inflammation est réalisée suivant la technique déjà décrite ([1]), car l'emploi d'un ruban de magnésium ne permet pas d'éviter l'oxydation du produit. Dans les cas du magnésium et du chrome, nous avons utilisé le métal lui-même, passé au tamis 60, au lieu des sulfures correspondants.

La réaction est plus régulière que dans le cas du sulfure d'aluminium seul. Elle aboutit à une transformation totale. Il n'y a jamais de globules d'aluminium fondu ou de métal non combiné au sein de la masse du thioaluminate, ce qui ôterait toute valeur à ce procédé, la proportion d'aluminium par rapport à l'autre métal devant être rigoureusement conservée. Cette régularisation fondamentale de la réaction a été observée dans tous les cas, et doit être attribuée au fait que celle-ci est moins vive et se propage plus lentement.

Ce procédé ne peut cependant s'appliquer au thioaluminate de plomb, car le sulfure de plomb est décomposé par l'aluminium au rouge, avec libération de plomb et formation de sulfure d'aluminium. Il reste alors toujours au fond du creuset un culot de plomb métallique, même en présence d'un très large excès de soufre. Nous avons préparé le thioaluminate de plomb par action de l'hydrogène sulfuré à 900° sur un mélange de limaille d'aluminium et de sulfure de plomb.

Les thioaluminates se présentent sous la forme d'une masse fondue parfaitement homogène et bien cristallisée. En particulier, celui de manganèse montre de nombreux pointements de rhomboèdres, et l'on peut en détacher facilement par clivage de fines lamelles transparentes (faces *p*).

La structure cristalline de ces corps a été étudiée aux rayons X à l'aide des diagrammes de poudre, et, dans le cas du sel de manganèse, avec un diagramme de cristal tournant réalisé à partir d'une lamelle clivée. Les thioaluminates de manganèse, de magnésium et de fer possèdent une structure identique à maille rhomboédrique particulièrement allongée contenant une molécule. Ceux de zinc et de chrome sont cubiques, du type spinelle. Celui de plomb est quadratique, et contient une molécule par maille. Les données numériques se rapportant à ces structures sont rassemblées dans le tableau ci-contre.

Dans la dernière colonne du tableau figure un volume moléculaire hypothétique obtenu par addition des volumes moléculaires du sulfure d'aluminium $S_3Al_2\alpha$ et du sulfure SM, déduits des dimensions de leur réseau cristallin respectif. Nous avons montré ([1]) que le volume moléculaire de $S_3Al_2\alpha$ est égal à $637{,}0/6 = 106{,}1\ \text{Å}^3$. Ceux des sulfures SM sont extraits de la bibliographie. Il est remarquable que cette somme soit égale, aux erreurs de détermination près, au volume moléculaire des thioaluminates de magnésium, de manganèse, de fer et de plomb. Les thioaluminates du type spinelle présentent une forte contraction de leur volume moléculaire par rapport à ceux des sulfures correspondants.

Corps.	Systèmes cristallins.	Densité calculée.	Densité mesurée.	Volume moléculaire calculé (Å³).	Volume moléculaire hypot. (Å³).
S_4Al_2Mg.	Rhomboédrique : $a_r = 12,22$ Å $\pm$ 0,02, $\alpha = 17°17'$.....	2,42	2,32	**140,5**	**141,0**
S_4Al_2Cr.	Cubique-spinelle : $a = 9,90$ Å $\pm$ 0,01..................	3,18	3,09	121,4	135,2
S_4Al_2Mn.	Rhomboédrique : $a_r = 12,24$ Å $\pm$ 0,02, $\alpha = 17°17'$.....	2,77	2,74	**141,4**	**141,6**
S_4Al_2Fe.	Rhomboédrique ; $a_r = 12,09$ Å $\pm$ 0,03, $\alpha = 17°18'$.....	2,88	2,96	**136,5**	**136,1**
S_4Al_2Zn.	Cubique-spinelle : $a = 9,99$ Å $\pm$ 0,01..................	3,28	3,25	124,5	145,2
S_4Al_2Pb.	Quadratique : $a = 5,160$ Å $\pm$0,005, $c = 5,957$ Å$\pm$0,003.	4,05	4,17	**158,6**	**158,2**

Ces corps s'altèrent rapidement à l'humidité atmosphérique, excepté le thioaluminate de manganèse qui n'est que très lentement hydrolysé et celui de chrome qui reste inattaqué par l'eau et les acides dilués.

Le grillage à l'air de ces composés s'effectue selon deux processus différents suivant la nature du métal M, ou plus exactement suivant que l'oxyde stable à chaud est de formule OM, ou de formule différente (O_4Mn_3—O_3Cr_2). Dans le premier cas, les aluminates se forment directement, et nous avons caractérisé aux rayons X les spinelles de magnésium et de zinc, et l'aluminate de calcium. Dans le deuxième cas, l'aluminate se forme transitoirement et s'oxyde finalement avec libération d'alumine : nous l'avons montré dans le cas du thioaluminate de manganèse où nous avons pu isoler la spinelle de manganèse, partiellement oxydée. Cette propriété met en évidence les relations étroites existant entre les thioaluminates et les aluminates, même lorsqu'ils ne cristallisent pas dans le même système. Cette réaction présente un intérêt particulier pour la préparation de l'aluminate de plomb, corps qui ne semble pas avoir été obtenu à ce jour (4). Les diagrammes de rayons X caractéristiques de ce corps ne sont pas de type spinelle.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les oxydes d'uranium à composition variable*. Note de MM. **André Boullé**, **Robert Jary** et Mme **Marthe Dominé-Bergès**, présentée par M. Pierre Jolibois.

De nombreux oxydes métalliques présentent des écarts de composition par rapport à la stœchiométrie. D'une manière générale, la mise en évidence de la

(4) Geller et Bunting, *J. Research Nat. Bur. Standards*, 31, 1943, p. 255.

variation de composition en phase homogène se heurte toujours aux mêmes difficultés que nous allons examiner dans le cas particulier des oxydes d'uranium, dont nous avons poursuivi l'étude (1).

Tout d'abord, l'influence du mode de préparation des produits étudiés sur leur comportement ultérieur est trop souvent négligée. Or, nous avons montré (2) que l'oxyde UO_2 obtenu à 350° par décomposition sous vide de l'oxalate $C_2O_4UO_2$ se réoxyde directement à l'état UO_3, tandis que, préparé par réduction de l'oxyde U_3O_8 par l'hydrogène à 1000°, il se réoxyde seulement jusqu'au stade U_3O_8 avec apparition intermédiaire du composé U_3O_7 observé par M. Jolibois (3). Les produits étudiés par les chercheurs américains (4) résultent du chauffage au-dessus de 2000° de mélanges en proportions variables tels que $U + UO_2$, $UO_2 + U_3O_8$, $U_3O_8 + UO_3$; à l'opposé, les chercheurs norvégiens (5) et nous-mêmes effectuons en général les traitements à basse température : 300° à partir d'un oxyde déterminé. Aussi n'est-il pas surprenant que des contradictions apparaissent tant dans les observations d'ordre chimique que dans l'interprétation des spectres X et dans les résultats des délicates mesures de densité.



Apparences successives d'une même raie.

Quant aux variations de composition de la phase homogène, elles se déduisent des gains ou des pertes de poids mesurés ou enregistrés lors des traitements chimiques (oxydation ou réduction) des oxydes d'uranium soumis à l'expérience. Or, certains de ces oxydes sont hygroscopiques, d'autres sont pyrophoriques (6). Néanmoins, le soin apporté aux pesées et l'interprétation précise des spectres X (rayonnement monochromatique $K\alpha$ du cuivre) grâce aux notions de pseudo-symétrie développées par MM. Chaudron et Faivre (7) permettent de conclure à l'existence de phases homogènes de composition variable telles que $UO_2 \rightarrow UO_{2,33}$ (U_3O_7).

L'explication satisfaisante de la formation du corps U_3O_7 ne permet pas de préciser si l'on est en présence d'un composé défini stable dans l'intervalle de

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 214.

(2) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 300.

(3) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1935.

(4) Rundle et coll., *J. Amer Chem. Soc.*, **70**, 1948, p. 1 et 99.

(5) Gronvold et Haraldsen, *Nature*, **162**, 1948, p. 69.

(6) Eichner, Goldschmidt et Vertes, *Bull. Soc. Chim.*, (5e série), **18**, 1951, p. 140.

(7) Chaudron et Faivre, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 903; Faivre, *Arch. Orig. C. N. R. S.*, no **308**.

température 185-290° (déduit des analyses thermogravimétriques : paliers présentés par les courbes d'oxydation). En effet, les spectres X d'échantillons résultant de trempes effectuées dans cet intervalle présentent de légères modifications. On obtient à basse température le spectre de la structure cubique à faces centrées de UO_2, puis on constate un élargissement des raies sur un bord déterminé (sauf des raies 111 et 222 qui, théoriquement, ne doivent pas être affectées) qui se résout finalement en un doublet caractéristique de la pseudo-symétrie. La mesure des écarts de ces doublets est en parfait accord avec les écarts calculés à partir des formules données par M. Faivre ([7]); aussi, peut-on attribuer à U_3O_7 une structure quadratique déduite par pseudo-symétrie d'un réseau limite cubique à faces centrées.

Ce composé U_3O_7 est susceptible : soit de redonner l'oxyde UO_2 par chauffage progressif jusqu'à 600° sous vide; soit de fixer de l'oxygène avec apparition d'une nouvelle phase caractérisée par la structure U_3O_8 et l'on assiste alors, avec un chauffage suffisamment lent, à l'évolution d'un mélange qui s'enrichit progressivement en oxyde $U_3O_8(UO_{2,67})$. L'identification d'une phase nouvelle à l'aide de son spectre de poudre exige qu'elle existe en proportion notable dans le mélange; néanmoins, par raison de continuité, on peut considérer que les compositions $UO_{2,33}$ et $UO_{2,67}$ limitent le domaine d'existence des mélanges $U_3O_7 - U_3O_8$ observés. Une autre cause d'imprécision a été relevée dans le cas de l'uranium : certains auteurs déterminent la limite inférieure (soit $UO_{2,56}$) du domaine U_3O_8 en examinant les spectres X des produits de réduction de l'oxyde U_3O_8 par l'hydrogène à 330°. Or, nous avons constaté que *seule* la mesure du volume d'hydrogène consommé (à l'aide d'un appareillage déjà décrit)([2]) permet de suivre la réaction; ce volume correspond à la réduction jusqu'au stade UO_2, mais le produit obtenu dans ces conditions (même après un refroidissement prolongé dans l'hydrogène) se réoxyde spontanément à l'air et sa pesée n'a plus alors aucune signification.

L'évolution décrite ci-dessus lors de l'oxydation de U_3O_7 aboutit à l'oxyde U_3O_8 sans étapes intermédiaires; le composé $U_2O_5(UO_{2,5})$ signalé parfois n'apparaît pas; il résulterait en particulier ([4]), ([5]) du chauffage à 1 000° sous vide de mélanges $UO_2 + U_3O_8$ (équivalent à $2U_2O_5$); ce mode opératoire a été reproduit sans succès; les spectres X des produits obtenus ne révèlent pas de modifications appréciables des mélanges de départ. Quant au spectre de l'oxyde U_3O_8, il a été étudié également avec soin. Les calculs faits permettent encore ici de retrouver parfaitement les écarts des doublets observés et confirment la structure orthorhombique du composé U_3O_8 déduite par pseudo-symétrie d'un réseau limite hexagonal.

En résumé, nous avons apporté, dans le cas des oxydes d'uranium, une nouvelle contribution à la connaissance des « combinaisons ioniques à composition variable » grâce à l'emploi conjugué et nécessaire de diverses techniques et à l'application des notions de pseudo-symétrie. Les difficultés

inhérentes à ce genre d'études et qui ont fait l'objet d'un exposé d'ensemble ([8]) ne sont pas entièrement résolues. En particulier, pour les composés tels que U_3O_7, les modifications observées sur les spectres X (auxquelles ne correspond aucune variation décelable de composition) ne peuvent être interprétées d'une manière satisfaisante et semblent difficilement conciliables avec la notion actuelle de composé défini.

CHIMIE MINÉRALE. — *La réhydratation des alumines et sa signification pour l'interprétation des isothermes d'adsorption de l'eau.* Note de M. **Boris Imelik**, présentée par M. Paul Pascal.

Les possibilités et les conditions de réhydratation de l'oxyde d'aluminium anhydre ont été étudiées. On a constaté que l'adsorption de vapeur d'eau provoque une altération de structure des alumines calcinées pouvant aller jusqu'à formation des hydrates d'aluminium. Ce fait expliquerait le caractère irréversible des isothermes d'adsorption d'eau observé pour certaines alumines calcinées.

Récemment Kiselev et Smirnova ont constaté certaines anomalies dans les isothermes de vapeur d'eau obtenues avec une alumine calcinée à 50°C. Une telle isotherme est caractérisée par le fait que les points d'origine du premier et du deuxième cycle d'adsorption ne s'identifient pas; une partie de l'eau adsorbée pendant le premier cycle d'adsorption est retenue définitivement. Ce fait a été confirmé par Papée qui a signalé des isothermes d'adsorption d'eau semblables pour des alumines obtenues par calcination de bayerite ou de boehmite à des températures variables.

On peut penser que les isothermes observées par Kiselev et Smirnova ([1]) et par Papée indiqueraient une altération de structure de la préparation pendant l'adsorption de l'eau ou plus précisément, la reconversion d'une fraction ou de la totalité de celle-ci en hydrate.

Il y a peu d'informations accessibles sur les possibilités et les conditions de réhydratation, c'est-à-dire sur la reconversion d'oxyde anhydre en hydrate. Laubengayer et Weisz ([2]) ont observé l'hydratation d'une alumine anhydre avec la formation de boehmite par l'action de vapeur d'eau sous pression et à des températures allant de 200° à 400° C. Fricke et Jockers ([3]) ont traité une alumine calcinée à 400° C par l'eau bouillante et ont pu mettre en évidence la formation de boehmite, d'hydrargillite et de bayerite.

Nous nous sommes proposé d'étudier les possibilités de réhydratation des alumines anhydres à des températures moins élevées, plus particulièrement

([8]) Benard, *Bull. Soc. Chim.*, (5e série), **18**, 1951, p. 295.

([1]) *Zhur. Fiz. Khim.*, **23**, 1949, p. 1018.

([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **65**, 1943, p. 247.

([3]) *Z. anorg. Chem.*, **262**, 1950, p. 3.

aux conditions correspondantes à celles qui sont réalisées lors des expériences d'adsorption de vapeur d'eau.

Les échantillons d'alumine étudiés ont été obtenus par calcination d'un gel à structure de boehmite, traité aux températures indiquées dans le tableau ci-dessous [les précisions sur le mode et les conditions de traitement thermique sont résumées ailleurs ([4]), ([5])]. Aux rayons X tous les échantillons s'identifient avec l'alumine êta de Stumpf ([6]) et ses collaborateurs.

Une première série d'expériences a été faite avec certains échantillons mis en suspension dans l'eau; la suspension a été ensuite chauffée à l'étuve à 37 ou à 80° C. Nous avons constaté que l'hydratation se fait relativement vite et que la structure de l'hydrate obtenue dépend de la température à laquelle la suspension d'oxyde dans l'eau a été soumise. A titre d'exemple nous indiquons que nous avons observé pour l'échantillon 160 à 37° C (*voir* le tableau ci-dessous) l'apparition des raies les plus intenses de l'hydrargillite au bout de 3 jours de séjour et pour le même échantillon soumis à 80° C l'apparition des raies caractérisant la boehmite.

L'échantillon 166 montre aussi l'apparition d'hydrargillite ou de boehmite suivant la température d'expérience, seulement le temps nécessaire pour qu'on puisse constater la formation de ces phases est considérablement plus long : une semaine environ.

Cependant les conditions de ces expériences ne sont pas encore celles réalisées pendant les expériences d'adsorption. Nous avons donc entrepris une deuxième série d'essais en plaçant les échantillons dans des récipients clos, contenant de la vapeur d'eau à saturation et à 37°C. Par rapport à la série précédente, la vitesse de réhydratation dans ces nouvelles conditions est beaucoup plus lente. Malgré tout, ce phénomène est nettement décelable pour certains échantillons au bout d'une semaine de séjour dans la vapeur d'eau. Quelques résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Échantillons.	Température de calcination (°C).	Structure après un séjour de		
		1 semaine.	3 semaines.	5 semaines.
160	400	$H + B + \eta$	–	–
161	500	η	$H + B + \eta$	–
164	700	η	$H + B + \eta$	–
165	800	η	$\eta + (H?)$	$H + B + \eta$
166	900	η	η	$H + (B?) + \eta$

(H, hydrargillite; B, boehmite; η, alumine η).

On constate que la vitesse de réhydratation et la quantité d'oxyde (telle qu'on peut l'évaluer qualitativement d'après l'intensité relative du spectre des rayons X) qui subit cette transformation, dépendent de la température à laquelle l'échantillon a été calciné.

([4]) BLANCHIN, *Thèse*, Lyon, 1951.

([5]) BLANCHIN, IMELIK et PRETTRE, *Comptes rendus*, 223, 1951, p. 1106.

([6]) STUMPF, RUSSEL, NEWSOME et TUCKER, *Ind. Eng. Chem.*, 42, 1950, p. 1398.

Notons aussi que, par exposition prolongée à la vapeur d'eau, l'alumine êta et les hydrates formés donnent des diagrammes de plus en plus nets. Ainsi par exemple, les produits 161 et 164 caractérisés par un diagramme relativement très flou d'alumine êta montrent une évolution déjà bien avant l'apparition de la phase hydratée : les raies deviennent beaucoup plus nettes et mieux définies.

En face de ces résultats, il semble donc probable que l'adsorption d'eau provoque une altération de structure d'oxyde anhydre pouvant aller jusqu'à formation des hydrates d'aluminium définis. L'eau retenue serait alors liée chimiquement (elle ne peut évidemment pas être enlevée dans les conditions normales de désorption), ce qui expliquerait le caractère irréversible des isothermes d'adsorption de l'eau. Toutefois, une étude systématique et quantitative se révèle nécessaire pour préciser ce phénomène.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la détermination du domaine d'existence et des produits de solubilité des bromures basiques de plomb.* Note de Mlle **Berthe Charreton**, présentée par M. Louis Hackspill.

En précipitant par une base soluble des solutions de Br_2Pb il se forme successivement deux sels basiques $PbBr_2$, $Pb(OH)_2$, sel mono et $PbBr_2$, $3\,Pb(OH)_2$ sel tribasique. Les produits de solubilité de ces sels ont été calculés d'après les mesures de concentration des ions OH^- et Br^- en solution :

$$S_1 = (Pb^{++})(Br^-)(OH^-) = 2.10^{-15} \quad \text{et} \quad S_2 = (Pb^{++})(Br^-)^{1/2}(OH^-)^{3/2} \neq 10^{-17}.$$

Dans des Notes précédentes [1] nous avons étudié le domaine d'existence des chlorures mono et tribasique de plomb et déterminé les produits de solubilité de ces deux sels. Nous résumons ici une étude semblable sur les bromures basiques de plomb.

Ces composés sont obtenus en faisant agir une base soluble, soude ou diéthylamine, sur des solutions de Br_2Pb de différentes concentrations en présence ou non de sel neutre BrNa.

Pour chaque solution, nous reportons en fonction de a [2], successivement : le rapport des conductibilités $C(a)/C(a=0)$, le pH, l'activité des ions Br^- [3], la concentration totale du brome en solution (dosage potentiométrique au nitrate d'argent).

Les mesures ont été faites après un vieillissement prolongé des solutions :

(1) P. Deschamps et B. Charreton, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1228; 232, 1951, p. 162.

(2) $$a = \frac{\text{quantité de base ajoutée}}{\text{quantité théorique exigée pour la précipitation de l'hydroxyde}}.$$

(3) Mesurée par la différence de potentiel entre une électrode indicatrice (fil d'argent bromuré) et une électrode à calomel.

trois semaines lorsqu'on opère en présence ou non de sel neutre avec la diéthylamine comme base (la courbe de pH est reproductible au bout de trois mois), 55 jours lors des expériences avec la soude sans sel neutre.

Sel monobasique. — Que ce soit pour une concentration 0,005 M ou 0,01 M, avec la soude ou la diéthylamine, toutes les courbes ainsi obtenues montrent nettement l'existence du sel monobasique $PbBr_2$, $Pb(OH)_2$ ou $PbBrOH$. En effet, le rapport des conductibilités, l'activité des ions Br^-, la contraction totale du brome en solution passent par un minimum très accentué pour $a = 0,5$. Pour cette même valeur de a, on observe une variation brusque de pH et l'on vérifie, en appliquant la formule de M. Geloso et P. Deschamps [4], que l'indice de basicité x est bien égal à l'unité.

Les courbes d'activité des ions Br^- et de la concentration totale du brome en solution ne se correspondent pas bien, ce qui s'explique par la dissociation incomplète de Br_2Pb et la présence d'ions $PbBr^+$. L'activité mesurée est celle des ions Br^- alors que les mesures potentiométriques donnent la concentration totale du brome en solution (somme des concentrations des ions Br^- et $PbBr^+$).

Soit K la constante d'équilibre $(Br^-)(Pb^{++})/(PbBr^+)$. D'après nos résultats expérimentaux, il est possible de calculer cette constante qui a pour valeur environ 10^{-2}.

On a d'autre part le produit de solubilité S_1 de $PbBrOH$, soit :

$$S_1 = (Pb^{++})(Br^-)(OH^-) \quad (1)$$

$$\text{ou } S_1 = K(PbBr^+)(OH^-) \quad (2)$$

En présence d'un gros excès de sel neutre $BrNa$ 0,1 N avec $Br_2Pb = 0,0056$ M nous appliquons la relation (2). En effet, on peut admettre, dans ce cas, qu'il n'y a que des ions $PbBr^+$. On trouve : $S_1 = 2,5 . 10^{-15}$.

S'il n'y a pas de sel neutre le calcul se fait en tenant compte uniquement des ions Pb^{++} à condition de se placer au moment où la précipitation du sel monobasique est presque complète ($a = 0,45$ par exemple). On trouve $S_1 = 1,5 . 10^{-15}$.

La valeur moyenne de S_1 est $2 . 10^{-15}$.

Sel tribasique. — A partir de $a = 0,5$, les courbes de pH semblent indiquer l'existence du sel tribasique. On constate en effet une brusque variation de pH pour une valeur de a très voisine de 0,75, ce qui correspond à la formation du sel tribasique Br_2Pb, $3Pb(OH)_2$ ou $PbBr_{1/2}(OH)_{3/2}$.

D'autre part, pour les solutions de bromure précipité par la soude, on observe une dernière variation rapide de pH aux environs de $a = 1$, indiquant la formation de l'hydroxyde.

Les courbes de variation en fonction de a de la concentration totale en brome diffèrent, suivant la base employée. Dans le cas de la soude la concen-

---

[4] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1163.

tration en brome varie linéairement de 2.10^{-2} à $1,05.10^{-2}$ pour $0 \leqq a \leqq 0,5$ et de $1,05.10^{-2}$ à 2.10^{-2} pour $0,5 \leqq a \leqq 1$ (la concentration initiale de Br_2Pb étant 0,01 M). Avec la diéthylamine la courbe est la même jusqu'à $a = 0,75$, mais à partir de cette valeur et jusqu'à $a = 1,15$ la concentration en brome reste constante, un peu supérieure à $1,5.10^{-2}$. Dans ce dernier cas le sel tribasique serait donc stable et ne se transformerait pas immédiatement en hydroxyde.

Nous avons calculé le produit de solubilité S_2 du bromure tribasique à partir de celui du bromure monobasique et du pH du palier de transition où ces sels coexistent

$$S_2 = (Pb^{++})(Br^-)^{1/2}(OH^-)^{3/2} \neq 10^{-17}.$$

MÉTALLOGRAPHIE. — *Diffusion des rayons X aux petits angles par les métaux écrouis.* Note de MM. **Jean Blin** et **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin.

La diffusion des rayons X aux petits angles montre dans un métal soumis à un fort écrouissage la présence de cavités submicroscopiques dont on peut estimer le nombre et le rayon de giration. Les cavités disparaissent par recristallisation

L'un de nous a montré [1] que les métaux écrouis provoquaient une diffusion aux petits angles des rayons X. Mais la méthode employée (photographie) ne permettait pas la mesure précise de l'intensité diffusée. Nous avons donc repris cette étude avec un montage analogue, mais en utilisant comme récepteur un compteur Geiger-Müller. Le faisceau direct est monochromatisé (raie CuK_α) et traverse l'échantillon, ce qui oblige à utiliser des feuilles minces (0,05 mm pour le cuivre par exemple).

La difficulté de la mesure provient de la faible intensité du phénomène et de la nécessité d'utiliser une fente fine pour obtenir les courbes de diffusion avec un pouvoir séparateur suffisant. Les diffusions parasites doivent donc être supprimées, ce qui est théoriquement possible, à partir d'un angle déterminé par la convergence du faisceau primaire et les fentes qui le limitent [2] (1° 15′ dans le dispositif actuel). En dehors de cet angle il subsiste une diffusion résiduelle parasite due à ce que nous n'avons pas eu encore la possibilité de mettre tout l'appareil dans le vide. Pour une position donnée du compteur on fait deux mesures successives; l'une avec l'échantillon, l'autre à vide. La courbe de diffusion à vide ayant été préalablement déterminée, la dernière mesure sert d'abord à ramener l'autre à une même valeur de l'intensité du faisceau primaire. Quand on veut comparer la diffusion d'un même échantillon dans deux états différents, il suffit de prendre la précaution de

(1) A. Guinier, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 894.
(2) A. Guinier, *Radiocristallographie*, Dunod, Paris, 1945, p. 221.

replacer l'échantillon exactement dans la même position et de faire la différence des deux lectures; mais pour atteindre la valeur de la diffusion d'un échantillon, il est nécessaire de connaître son coefficient de transmission. Cette détermination, compliquée du fait de l'existence d'un temps mort du compteur, peut être effectuée de façon précise par une méthode qui fera l'objet d'une publication ultérieure. La précision obtenue est d'environ 3 %, la fréquence des impulsions variant de 2 à 10 par seconde.

Les principales mesures ont porté sur du cuivre très pur, fondu sous vide, écroui par laminage à des taux variant de 10 à 90 %. Le métal est ensuite restauré puis recristallisé par chauffage à des températures variant de 150 à 450° C. La figure 1 donne l'intensité diffusée en fonction de l'angle, non corrigée de la diffusion parasite, pour l'état écroui (courbe I), et pour l'état recristallisé (courbe II). Quand on fait cette correction, la courbe II donne la courbe III.

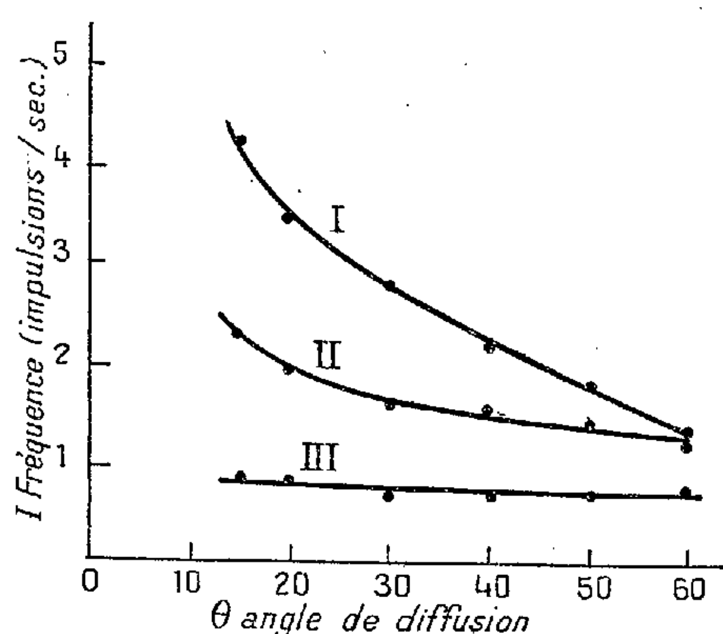


Fig. 1.

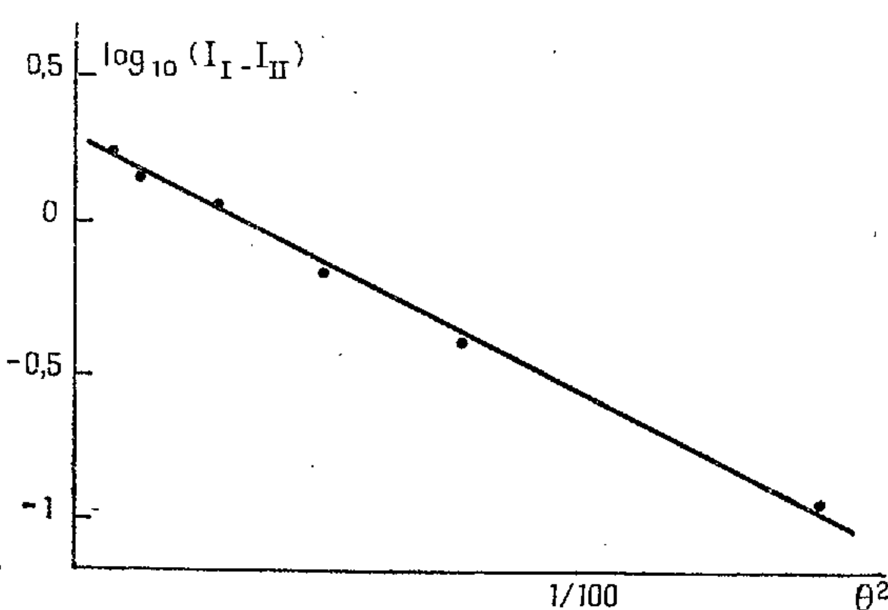


Fig. 2.

I cuivre écroui
II cuivre recristallisé } courbe de l'intensité non corrigée de la diffusion parasite.
III cuivre recristallisé (courbe de diffusion absolue).

En valeur absolue, cette diffusion indépendante de l'angle, est équivalente à celle de 4,5 électrons libres par atome. On trouve que la diffusion $I_1 - I_2 = I$ est bien représentée par l'équation : $I = 2{,}21\, e^{-243\,\theta^2}$ impulsion : s. On a trouvé que les échantillons initialement à gros grains donnent pour le même écrouissage une courbe de diffusion de même forme mais de valeur absolue plus forte que celle de l'échantillon à grains fins. *La restauration du métal*, indiquée par l'affinement des raies Debye-Scherrer ne *provoque aucune diminution de la diffusion aux petits angles*. Celle-ci diminue quand la fraction recristallisée augmente. D'autre part, un écrouissage faible effectué sur le métal recristallisé provoquant sur les diagrammes de Laue un net astérisme n'augmente pas la diffusion. Celle-ci débute pour un écrouissage plus fort.

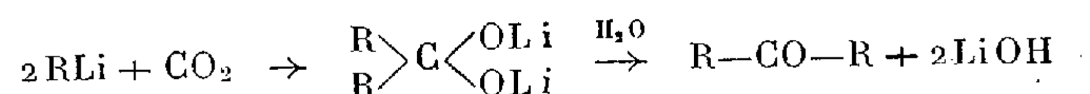
Des résultats entièrement analogues sont obtenus sur le nickel. L'intensité de la diffusion est de 3 à 5 fois plus forte que pour le cuivre. Par contre, l'aluminium donne, quel que soit le degré d'écrouissage, dans le domaine angulaire observé (1°,30′-7°), une diffusion constante indépendante de l'angle.

La diffusion aux petits angles caractérisant les fluctuations de densité au sein du métal diffusant, on obtiendrait les résultats observés dans le cas du cuivre écroui avec des particules isolées ayant même densité que le cuivre et de rayon de giration 6,6 Å (nombre calculé à partir de la formule indiquée). Ce modèle ne convient évidemment pas, mais l'objet complémentaire, c'est-à-dire le métal homogène avec des trous de même rayon de giration, donne un diagramme de diffusion identique. L'évaluation absolue de l'intensité indique en plus qu'il y aurait 7.10^{18} cavités par cm^3. Ce modèle donne simplement une image possible, mais indique néanmoins que l'on ne peut rendre ni des lacunes isolées, ni des dislocations isolées, responsables du phénomène, ce qui est conforme aux calculs de Wilson (3) et de Huang (4). D'ailleurs, les variations du nombre des dislocations (restauration, écrouissage faible) n'ont, d'après l'expérience, pas d'influence. Il faut donc admettre qu'un écrouissage important produit dans le métal des cavités submicroscopiques, qui disparaissent seulement lors d'une recristallisation complète. Ces cavités jouent un rôle fondamental dans la détermination de la charge de rupture. Signalons que les variations de densité entre l'état écroui et recristallisé sont du même ordre de grandeur que celles calculées d'après nos résultats.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Carbonatation de lithiens encombrés. Rôle du facteur stérique.* Note de M. **Gustave Vavon** et Mlle **Jeanne Thiec**, présentée par M. Marcel Delépine.

Tandis que les lithiens agités dans une atmosphère de CO_2 conduisent en général à la cétone, les lithiens encombrés suivants : (I) triisopropyl-2.4.6 phényllithium; (II) tétraisopropyl-2.3.5.6 phényllithium; (III) lithien du chlorhydrate de pinène nous ont donné l'acide et non la cétone. *Ceci montre l'importance du facteur stérique dans cette carbonatation.*

Les lithiens agités, à température ordinaire, en atmosphère carbonique conduisent habituellement aux cétones (1)



$$2\,RLi + CO_2 \rightarrow \begin{matrix}R\\R\end{matrix}\!>C<\!\begin{matrix}OLi\\OLi\end{matrix} \xrightarrow{H_2O} R\!-\!CO\!-\!R + 2\,LiOH$$

Nous avons cherché à voir si le facteur stérique joue un rôle dans cette

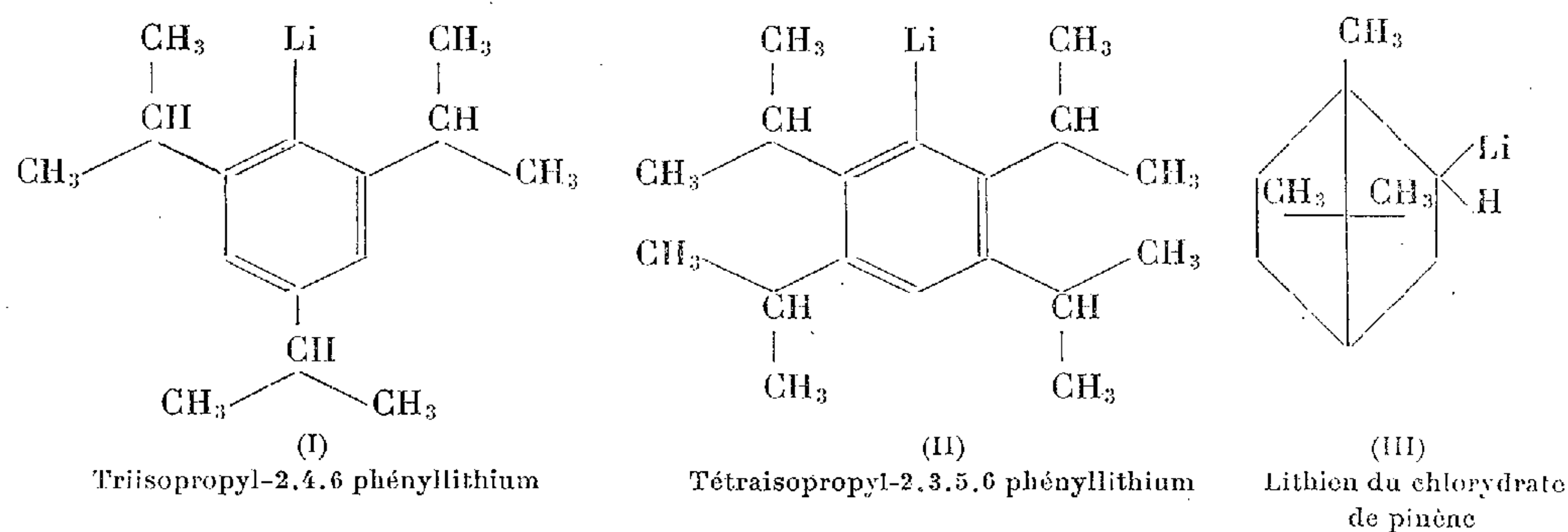
(3) *AJC. Research*, **2**, 1949, p. 541.

(4) *Proc. Roy. Soc.* A., **190**, 1947, p. 102.

(1) *Amer. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 1258.

réaction et si, par suite, celle-ci s'arrête, dans le cas où R est encombré, à la fixation d'une seule molécule de lithien pour donner un acide [un tel exemple a déjà été cité et interprété ainsi par H. Gilman et P. Van Ess (¹) : l'orthotolyl lithium leur a donné 35 % d'acide orthométhyl benzoïque].

Nous donnons, ici, les résultats obtenus sur les lithiens suivants :



(I) Triisopropyl-2.4.6 phényllithium

(II) Tétraisopropyl-2.3.5.6 phényllithium

(III) Lithien du chlorydrate de pinène

Préparation des lithiens. — (I) Le triisopropyl-2.4.6 bromobenzène est préparé par action du brome sur le carbure en présence de fer (²). (I) est obtenu par action de ce dérivé bromé sur le lithium, dans l'éther, en amorçant par un peu de bromobenzène. Les rendements pour plusieurs essais vont de 60 à 73 %.

(II) Le tétraisopropyl-2.3.5.6 bromobenzène a été préparé par l'un de nous, avec G. Santi, puis avec Mˡˡᵉ J. Heulot, par action du brome sur le carbure en solution chloroformique (³).

Après cristallisation dans l'alcool ou l'acétone, il fond à 148-150°. Dosage du brome : calculé 24,6 % ; trouvé 24,7 %.

Le lithien s'obtient par double décomposition entre le dérivé bromé et le *n.* butyllithium dans l'éther de pétrole.

Note. — Préparé par double décomposition, (II) ne peut être dosé qu'en mesurant, après hydrolyse, non la lithine mais la quantité de carbure que l'on obtient. Or ce carbure est très difficile à séparer, par distillation, du dérivé bromé et ce dosage manque de précision.

(III) a été préparé par l'un de nous et H. Colin : on fait agir le lithium sur le chlorhydrate de pinène dans l'éther de pétrole, R = 40 à 50 %, puis on carbonate (⁴). Ce rendement est amélioré R = 60 à 75 %, si l'on amorce par un peu de chlorure de *n.* butyle et si l'on prolonge le chauffage, dans l'éther de pétrole, durant 15 h avant de carbonater.

Carbonatation des lithiens. — Le lithien, en solution dans l'éther ou l'éther de pétrole, est agité en présence de gaz carbonique à la température ordinaire.

(²) Fuson et Horning, *Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 2962.
(³) Vavon, Santi et Mˡˡᵉ Heulot, travaux non publiés.
(⁴) Vavon et Colin, travaux non publiés.

Dans le tableau suivant, les rendements sont donnés par rapport aux lithiens pour (I) et (III), par rapport au dérivé bromé pour (II).

Lithiens.	Acides obtenus.
(I)	53 % acide triisopropyl-2.4.6 benzoïque
(II)	52 % acide tétraisopropyl-2.3.5.6 benzoïque
(III)	64 % acide camphane carbonique

L'acide correspondant à (I) fond à 185-187°. Il est identique à celui qui a été préparé antérieurement par le magnésien [2].

L'acide de (II) a été préparé par le magnésien R = 51 % [3]. Nous trouvons le même point de fusion : F 240° et un rendement par rapport au dérivé bromé sensiblement égal : R = 52 %.

La carbonatation de (III) donne un acide camphane carbonique essentiellement bornylique et non un mélange des formes bornylique et isobornylique comme c'est le cas pour le magnésien [5]. A partir du pinène de Bordeaux $(\alpha)_{578} = -38°,6$, on trouve pour l'acide : $(\alpha)_{578} = -10°$ à $-11°,2$ contre $-12°$ pour l'acide totalement bornylique. Ce résultat est en accord avec le travail précédent [4]. Par rapport au dérivé chloré : R = 43 % et R = 52 à 56 % d'acide en passant respectivement par le lithien et par le magnésien.

Conclusion. — Quand un lithien présente un encombrement suffisant, l'action du gaz carbonique conduit non plus à la cétone mais à l'acide.

Les rendements en acides tétraisopropyl-2.3.5.6 benzoïque et camphane carbonique sont comparables à ceux que l'on obtient avec les magnésiens.

Remarque. — Les rendements en acides sont améliorés pour l'orthotolyllithium et le triisopropyl-2.4.6 phényl lithium si l'on introduit lentement le lithien dans l'atmosphère carbonique. A 0° les rendements passent respectivement de 35 à 90 % et de 53 à 87 % d'acide par rapport au lithien. Par ce dernier procédé les acides orthométhyl benzoïque et triisopropyl 2.4.6 benzoïque sont obtenus avec des rendements par rapport aux dérivés bromés de 69 % et 48 %, supérieurs à ceux que donnent les magnésiens : 56 % [6] et 47 % [2].

CHIMIE ORGANIQUE. — *La décomposition « catalytique » du chlorure d'acétyle et du chlorure de benzoyle en présence de glucine.* Note de MM. **Jean Besson** et **Horst D. Hardt**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'action catalytique éventuelle de la glucine sur la décomposition des chlorures d'acide est étudiée entre 300 et 500°. On montre que les phénomènes observés s'expliquent simplement par l'action de l'eau adsorbée par la glucine, à l'exclusion de toute catalyse proprement dite.

Dans une Note publiée précédemment [1], l'un de nous avait signalé une

---

(5) Vavon et Rivière, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 1016

(6) Austin et Johnson, *Amer. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 655.

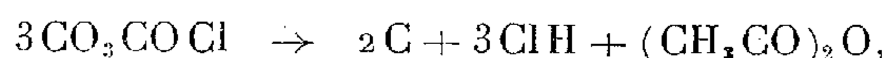
(1) J. Besson, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 720.

curieuse réaction obtenue en faisant passer des vapeurs de chlorure d'acétyle ou de chlorure de benzoyle sur de la glucine BeO chauffée entre 300 et 500°. Alors que la décomposition thermique du chlorure d'acétyle peut facilement se formuler :



$$2\,CH_3COCl \rightarrow 2\,ClH + 2\,CO + C_2H_4,$$

réaction qui correspond bien à la rupture préférentielle des liaisons les plus faibles de la molécule, on obtiendrait, en présence de BeO, une petite quantité d'anhydride acétique $(CH_3CO)_2O$. Le chlorure de benzoyle donne un résultat analogue dans les mêmes conditions, et également, d'après Mailhe et de Godon ([2]), en présence de certains chlorures métalliques. Dans tous les cas, le « catalyseur » se retrouve, après réaction, intimement mélangé de carbone. L'existence de ce dépôt de carbone et la difficulté d'expliquer la provenance de l'atome d'oxygène supplémentaire nécessaire à la formation de l'anhydride avaient alors conduit à admettre une réaction catalytique du type :



$$3\,CO_3COCl \rightarrow 2\,C + 3\,ClH + (CH_3CO)_2O,$$

se superposant à la décomposition thermique normale.

Cependant une telle réaction paraît peu vraisemblable. Elle ferait jouer un rôle particulier à une molécule sur trois de chlorure d'acide, molécule qui serait détruite complètement tandis que les deux autres conserveraient leur structure fondamentale.

La réalité est beaucoup plus simple. Nous résumons ici les résultats d'expériences nouvelles et les conclusions à en tirer. Elles ont été effectuées avec des oxydes préparés par calcination, à température bien déterminée, de différents précipités d'hydroxydes ou de carbonates basiques de glucinium et déshydratés à nouveau, avant chaque opération, pendant 2 h, au-dessus de 200°, dans le tube à catalyse lui-même.

1° La glucine anhydre, calcinée au-dessus de 600°, ne donne plus lieu, dans ces conditions, entre 300 et 500°, à la formation d'anhydride. On n'observe cette formation, en quantité d'ailleurs faible (quelques pour-cent en poids du chlorure d'acide utilisé) qu'avec une masse de « catalyseur » notable (2 à 5 g), calcinée au-dessous de 500°.

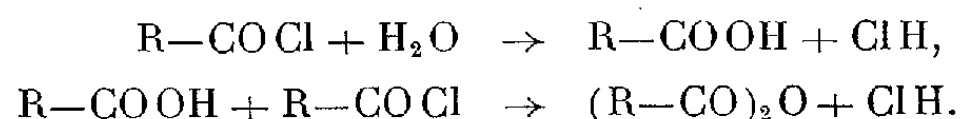
2° Dans ce dernier cas, si l'on utilise la même masse de contact dans plusieurs opérations successives, le rendement en anhydride décroît d'une opération à l'autre, et finit par s'annuler.

3° Or, la température de calcination au-dessus de laquelle la glucine ne provoque plus la formation d'anhydride (500-600° suivant son mode de prépa-

---

([2]) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, **19**, 1916, p. 449.

ration) est précisément celle qui correspond à sa déshydratation totale. Les courbes de thermolyse, obtenues à la balance de Chevenard, le montrent ([3]) Il est donc naturel d'admettre que la formation d'anhydride ne provient que de la petite quantité d'eau retenue par la glucine, suivant les réactions classiques :

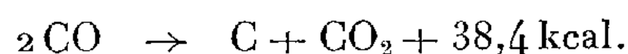


$$R{-}COCl + H_2O \rightarrow R{-}COOH + ClH,$$
$$R{-}COOH + R{-}COCl \rightarrow (R{-}CO)_2O + ClH.$$

4° Même quand la glucine a été calcinée très au-dessus de 600°, elle est susceptible de réadsorber de l'eau atmosphérique. Cette propriété est commune à plusieurs oxydes de métaux légers (BeO, MgO, Al_2O_3). La glucine la possède cependant à un degré supérieur, ce qui explique l'erreur commise quand on ne prend pas la précaution de recalciner le « catalyseur » dans l'appareil lui-même.

Remarquons ici que les chlorures anhydres, utilisés par Mailhe et de Godon, sont également, pour la plupart, très hygroscopiques. Il nous paraît vraisemblable que la formation « catalytique » d'anhydride benzoïque observée par ces auteurs se réduit en réalité aux deux réactions ci-dessus.

5° Comme la quantité d'anhydride formé, le dépôt de carbone sur BeO décroît quand la température de calcination s'élève. Avec BeO calciné à 1000°, il est pratiquement nul. Ce fait avait fait croire à une certaine proportionnalité entre les deux phénomènes, mais des expériences plus précises n'ont pas confirmé cette hypothèse. Il s'explique bien plus simplement, par la dismutation, au contact de BeO, de l'oxyde de carbone



$$2CO \rightarrow C + CO_2 + 38{,}4\,\text{kcal}.$$

Vers 400°, en effet, CO est en équilibre métastable que le contact d'un corps poreux suffit à faire cesser. Il est remarquable que la glucine présente à cet égard, comme pour l'adsorption de H_2O, une activité très supérieure à celles de MgO et Al_2O_3. Mais il n'y a, là encore, rien de particulier à cet oxyde.

En résumé, contrairement à ce que l'un de nous avait supposé, la glucine BeO, parfaitement anhydre, ne possède aucun pouvoir catalytique spécial de décomposition des chlorures d'acide. Elle ne modifie pas la décomposition thermique normale, mais favorise seulement la dismutation de CO avec dépôt de carbone. Quant à l'anhydride d'acide, dont on observe souvent la formation, il ne provient que d'une hydrolyse du chlorure d'acide par la petite quantité d'eau que la glucine retient très énergiquement.

([3]) *Voir* par exemple, T. Dupuis, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 957 et *Mikrochemie*, 35, 1950, p. 477.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse des acides α-aminés* N-*alcoylés*. Note de M. **Jésus Anatol**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'auteur décrit la préparation des α-amino-acides mono- et di-alcoylés à l'azote par hydrolyse des α-aminonitriles correspondants. Dans une première phase le nitrile est hydraté par l'acide sulfurique concentré et l'amide ainsi obtenu est, par la suite, hydrolysé par l'acide chlorhydrique concentré.

Dans le but d'étudier leur comportement comme antimétabolites, nous nous sommes proposé de synthétiser la série des α-amino-acides du type $\frac{R_1}{R_2}>CH-CH(NH_2)-COOH$ ainsi que leurs dérivés N-mono- et di-alcoylés.

Dans de précédentes Notes [1], [2], nous avons signalé les bons rendements obtenus dans la synthèse des α-amino-acides à partir des aldéhydes en passant par les 5-hydantoïnes. Appliquée à l'aldéhyde dipropylacétique [3], cette technique nous a permis de synthétiser l'amino-acide :

$$\begin{matrix}CH_3-CH_2-CH_2\\CH_3-CH_2-CH_2\end{matrix}>CH-CH(NH_2)-COOH \quad (3180\ CT) \qquad \text{Dérivé acétylé, F } 135^\circ.$$

Tiollais [4] a étudié l'action de l'acide sulfurique de moyenne concentration, puis de l'eau oxygénée sur des α-amino-nitriles N-mono-substitués et obtenu les amides, puis les amino-acides.

A. H. Cook et S. F. Cox [5], de l'École de Heilbron, par action de l'acide sulfurique concentré à 100° sur les nitriles adéquats, ont préparé, avec de bons rendements, les mono-alcoyl-N amides de la glycine, de la valine et de la norvaline qu'ils ont ensuite hydrolysés, par de l'acide sulfurique à 40 %, en amino-acides.

Nous appuyant sur cette méthode nous avons préparé les nitriles :

$$\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}>CH-CH(NH-CH_3)-CN \quad \text{et} \quad \begin{matrix}C_3H_7\\C_3H_7\end{matrix}>CH-CH(NH-CH_3)-CN$$

par le procédé de Knœvenagel [6] et nous les avons traités par quatre fois leur volume d'acide sulfurique à 66° Bé, à 100°, pendant une heure. Les amides

---

(1) J. Anatol, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1471; 232, 1951, p. 536.

(2) J. Anatol et J. Coursaget, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 488.

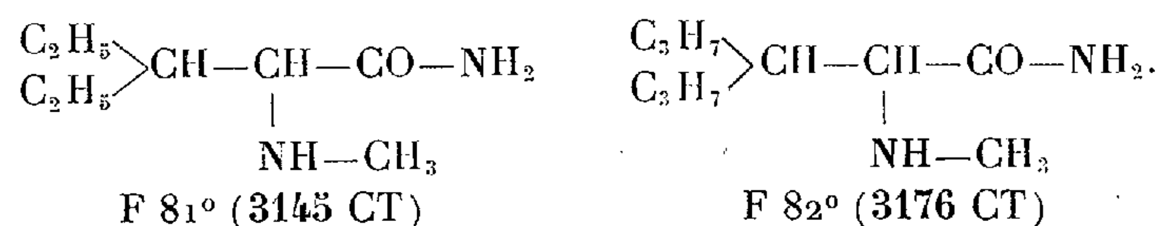
(3) M. Sommelet, *Ann. Chim. Phys.*, (8), 9, 1906, p. 552.

(4) *Bull. Soc. Chim.*, (5), 14, 1947, p. 966.

(5) *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 2334.

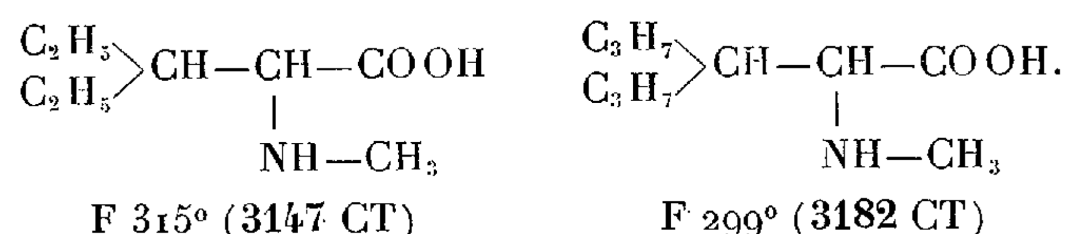
(6) Knœvenagel et Mercklin, *Ber.*, 17, 1884, p. 678.

obtenus ont été isolés avec des rendements de l'ordre de 75 à 90 %.



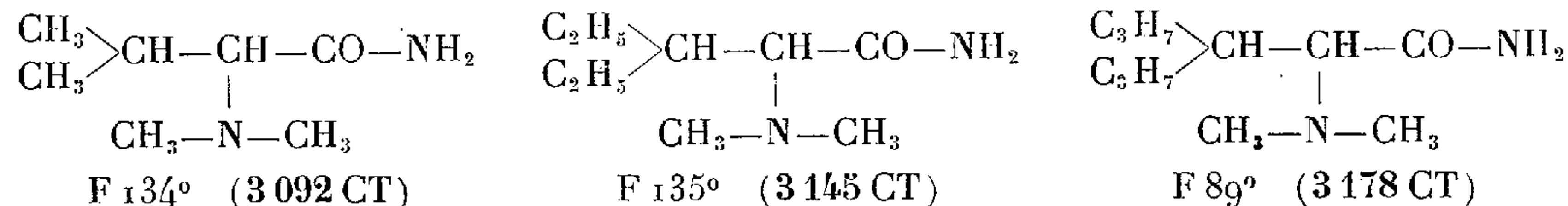
Les uréthanes correspondantes ont été préparées par action du chloroformiate d'éthyle, avec des rendements que l'on peut dire quantitatifs.

La meilleure méthode pour hydrolyser les amides N-monoalcoylés est de les traiter par l'acide chlorhydrique concentré à l'ébullition pendant 48 heures. Les rendements en aminoacides varient de 75 à 80 %.



R. E. Bowman et H. H. Stroud (7) préparent des α-aminoacides N-dialcoylés par action des aldéhydes sur les α-aminoacides et hydrogénation catalytique en présence de palladium. C'est aussi la méthode adoptée au Japon, dont nous avons eu connaissance récemment (8).

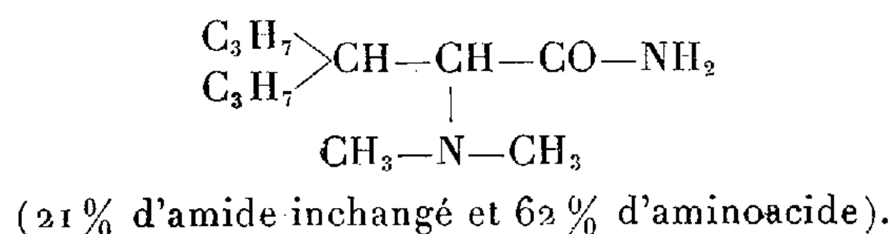
Si l'on traite des α-aminonitriles N-dialcoylés [obtenus par la méthode de Knœvenagel (6)] par l'acide sulfurique, de la façon indiquée plus haut, les dialcoyls-N amino-amides sont isolés avec des rendements allant de 72 à 85 %.



Il y a peu de références concernant cette série d'amides dialcoylés; seuls, les tout premiers termes des amino-acides dits « biologiques », sont connus. Par action de l'iodure de méthyle et avec un rendement presque théorique, nous avons obtenu les trois ammoniums quaternaires correspondants.

Ces amides dialcoylés sont très résistants à l'hydrolyse sulfurique. L'action de l'acide chlorhydrique concentré à l'ébullition, pendant 48 h, conduit aux aminoacides dialcoylés, avec de bons rendements.

Nous avons trouvé, dans ces conditions, pour le terme :



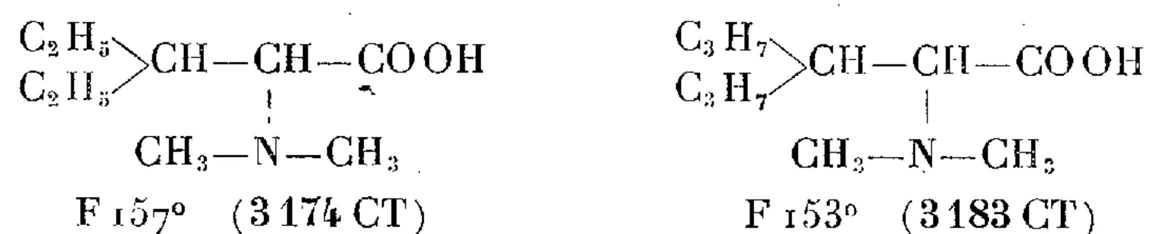
(21 % d'amide inchangé et 62 % d'aminoacide).

---

(7) *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 1343.

(8) SEIZO KANAO, *C. A.*, 45, 1951, p. 7956.

Les amino-acides suivants n'étaient pas encore décrits :



F 157° (3174 CT) F 153° (3183 CT)

Nous continuons nos recherches dans cette série.

MINÉRALOGIE. — *Polytypisme des minéraux micacés et argileux.* Note de MM. **Willy Dekeyser** et **Séverin Amelinckx**, présentée par M. Charles Mauguin.

F. C. Frank a proposé récemment un mécanisme de la croissance des cristaux sans nucléation secondaire (1) basée sur l'existence de dislocations hélicoïdales ou dislocations de Burgers dans le germe primaire. Celles-ci provoquent sur un plan perpendiculaire à la ligne de dislocation une arête ou un contour exposé contre lequel les unités de croissance peuvent s'accoler. De ce fait, cette arête tourne autour du point d'émergence de la dislocation tout en s'élevant le long de la ligne de dislocation d'une hauteur égale, par tour complet, au vecteur de Burgers de celle-ci. Les plans du cristal ainsi formé sont des surfaces hélicoïdales dont le pas est égal au vecteur de Burgers, qui est un multiple ou un sous-multiple du vecteur unitaire du réseau dans sa direction. Si plusieurs de ces dislocations de signe contraire interfèrent sous certaines conditions, nous obtenons un contour fermé exposé qui se reproduit aussi automatiquement. Dans ce cas nous avons des faces quasi planes.

Cette théorie a reçu récemment plusieurs confirmations expérimentales (2), surtout dans le cas du carborundum. Ainsi on a pu ramener les nombreuses modifications suivant lesquelles cette substance cristallise à l'existence de dislocations hélicoïdales perpendiculaires aux faces 001 et de grandeurs différentes. Ce cas spécial de polymorphisme, dans lequel les mailles unités des différentes modifications ne diffèrent que suivant une dimension (ici suivant l'axe *c*) et ne sont que des empilements différents de couches de structure identique, a été appelé polytypisme par Frank (3) pour différencier cette propriété du polymorphisme, terme réservé au phénomène plus général.

(1) *Disc. Farad. Soc.*, n° 5, 1949, p. 48.

(2) L. J. Griffin, *Phil. Mag.*, **41**, (7), 1950, p. 200; I. M. Dawson et V. Vand, *Nature* **167**, 1951, p. 476; S. Amelinckx, *Nature*, **167**, 1951, p. 939; **168**, 1951, p. 431; *J. Chim. Phys.* (sous presse).

(3) *Phil. Mag.*, **42**, 1951, p. 1014.

L'un de nous a trouvé maintenant de pareilles dislocations dans le mica (muscovite) ([4]). Ceci permet d'expliquer le polytypisme du mica observé par Hendricks en 1939 ([5]). Cet auteur a décrit en effet des muscovites, lépidolites, et surtout des biotites qui avaient respectivement suivant l'axe *c* des mailles unités constituées par 1, 2, 3, 6, 24 lamelles de 10 Å. Un autre exemple de polytypisme est fourni par la kaolinite, dickite et nacrite, dont les mailles unités ont respectivement 1, 2 et 6 unités structurales. Là, nous n'avons pas de preuves directes de l'existence de dislocations. Toutefois, une indication assez nette en ce sens est constituée par le fait qu'on n'arrive pas à attribuer un groupe de recouvrement bien défini à la structure de la dickite ([6]). En effet, ceci se présente également pour certaines modifications du carborundum et des micas, et nous savons maintenant que ceci est dû aux dislocations. L'enroulement différent de l'halloysite pourrait être dû à l'existence de dislocations de Taylor.

Le mécanisme de croissance proposé par Frank, explique également logiquement la régularité avec laquelle des interstratifications se répètent. En effet, une fois une séquence de couche définie par la dislocation, elle se répète automatiquement, puisque le cristal se développe en somme suivant une seule couche qui ne croît que latéralement. Cela, et la régularité avec laquelle les couches de brucite par exemple alternent avec les unités structurales de mica dans les chlorites, nous suggère également l'existence de dislocations dans ces minéraux et un mode de croissance correspondant; *a fortiori* aussi dans toutes les structures interstratifiées qu'on rencontre dans les minéraux argileux (montmorillonite, mica, etc.), les stratifications irrégulières étant dues à un autre mécanisme de croissance ou à une instabilité des dislocations. Reste à considérer si les interstratifications de couches d'eau (molécules organiques) telles que nous les rencontrons dans la montmorillonite et la vermiculite, hydromuscovite et hydrobiotite ne sont pas dues au même phénomène. Ceci pourrait expliquer en un certain sens pourquoi les plans ne se détachent pas complètement sous l'action des couches d'eau présentes, pourquoi celles-ci sont limitées en nombre et pourquoi seulement certaines molécules organiques peuvent pénétrer entre les feuillets. En effet, les plans 001 n'en forment en somme qu'un seul, enroulé hélicoïdalement, les plans quasi parallèles dus à des groupes de dislocations étant d'autre part toujours liés à de pareils plans hélicoïdaux. De plus des mouvements de dislocations sous l'effet de la température pourraient expliquer la non-réversibilité partielle ou totale du phénomène d'hydratation, après traitement thermique plus ou moins poussé. Comment ceci peut aller de pair

---

([4]) S. Amelinckx, *Nature* (sous presse).
([5]) S. B. Hendricks, *Am. Min.*, 24, 1939, p. 729.
([6]) S. B. Hendricks, *Am. Min.*, 23, 1938, p. 295.

avec l'empilement particllement ou totalement désordonné de ces minéraux est à considérer ultérieurement.

Une étude plus détaillée des phénomènes rapportés ici et de leurs conséquences sera publiée ultérieurement.

MAGNÉTO-CRISTALLOGRAPHIE. — *Méthode pour calculer la position de l'ellipsoïde magnétique dans le cristal de β-naphtol, d'après les données fournies par la méthode des germes cristallins orientés.* Note de M. **Jean Blandin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente [1] j'ai montré que le β-naphtol cristallisait dans le champ magnétique sous la forme de bâtonnets faisant entre eux un angle 2θ, la direction du champ magnétique étant bissectrice de cet angle 2θ.

Rappelons que le β-naphtol appartient au système monoclinique, classe prismatique, type holoèdre [2]. Les paramètres du cristal sont :

$$a:b:c = 1,3662:1:2,0300; \quad \beta = 119^\circ 48'.$$

Le cristal se présente sous forme de tablettes (losanges) formées par la face $c\,(001)$; ces tablettes sont bordées par les faces $m\,(110)$ et $m'\,(\bar{1}10)$. Parfois on voit une troncature $q\,(011)$ et beaucoup plus rarement $\zeta\,(52\bar{5})$ et $\zeta'\,(\bar{5}25)$. Ce sont ces tablettes qui se déposent sur la lame support en l'absence du champ magnétique. Sous l'action de la pesanteur et du champ magnétique, la face (001) se place perpendiculairement au plan de la lame et le cristal repose sur la lame suivant l'arête $\mu\mu'$ formée par l'intersection de $m\,(110)$ et $c\,(001)$, la face (001) étant réduite à une tablette de très faible épaisseur.

Les axes du cristal sont dirigés de la manière suivante : les axes a et b sont rectangulaires et situés dans le plan (001), a suivant la grande diagonale du losange, b suivant l'autre. L'axe c est parallèle aux plans (110), $(\bar{1}10)$, $(1\bar{1}0)$, $(\bar{1}\bar{1}0)$. O étant le centre du losange, $\widehat{Oa, Oc} = \beta$. La susceptibilité magnétique maxima χ_1 est située dans le plan (Oa, Oc), telle que $\widehat{Oc, O\chi_1} = \psi$. Les susceptibilités moléculaires sont, d'après Krishnan [3] :

$$\chi_1 = -62,3, \quad \chi_2 = -148,3, \quad \chi_3 = -80,4, \quad \chi_1 > \chi_3 > \chi_2,$$

χ_2 est située dans le même plan que χ_1, et χ_3 est dirigée suivant l'axe b.

L'ellipsoïde magnétique est donc défini parfaitement par l'angle ψ que nous allons calculer. (Krishnan, par une méthode totalement différente de la nôtre,

---

(1) *Comptes rendus*, **229**, p. 1015.

(2) Groth, *Chemische Krystallographie*, V 374.

(3) K. S. Krishnan, B. C. Guha and S. Banerjee, *Phil. Trans. of the Roy. Soc. of London*, Séries A, **231**, p. 249.

trouve $\psi = 9,4°$, soit $9°24'$) ([3]). L'intérêt de notre méthode est donc de pouvoir déterminer, à partir de l'angle θ ci-dessus mentionné, la position exacte des axes de l'ellipsoïde magnétique du cristal.

L'angle θ mesuré est formé par la projection OH de $O\chi_1$ sur le plan $(Oc, \mu\mu')$ et par l'arête $\mu\mu'$; connaissant cet angle θ et les paramètres du cristal, nous allons en déduire ψ, tenant compte de ce que la direction d'observation est située dans le plan (001) et est normale à $\mu\mu'$.

Nous introduisons le système d'axes suivant : OX suivant a, OY suivant b, OZ perpendiculaire à OX et OY, donc situé dans le plan (Oa, Oc). Introduisons l'axe Ob', normal à $\mu\mu'$ et situé dans l'angle $\widehat{Oa, Ob}$, et l'axe Oa' normal à Ob'. Oa' et Ob' étant situés dans le plan Oab, les axes Oa' et Ob' se déduisent de Oa et Ob par une rotation de $-\lambda$. Posons

$$\widehat{Oc, OZ} = \nu; \quad \widehat{Oc, Oa'} = \beta'; \quad \widehat{O\chi_1, OZ} = \varphi;$$
$$\widehat{OH, Oa'} = \theta; \quad \widehat{Oc, O\chi_1} = \psi; \quad \widehat{Oa', OX} = \lambda.$$

En valeur absolue, on a

$$1,3662 \operatorname{tg}\lambda = 1 \qquad \text{d'où} \quad \lambda = 36° 12' 9''.$$

On verra d'autre part que l'on a aisément

$$\nu = \beta - 90° = 29°48'$$

et

$$\cos\beta' + \cos\lambda \sin\nu = 0, \qquad \text{d'où} \quad \beta' = 113°38'30'' \qquad (\beta' > 90°).$$

D'autre part, en considérant les vecteurs unitaires portés par les axes et la projection OH de $O\chi_1$, on a les deux relations

$$\vec{H}.\vec{a'} = \cos\theta, \qquad \vec{H}.\vec{c} = \cos(\beta' - \theta)$$

qui nous permettent d'écrire

$$\sin\beta' \vec{H} = \sin(\beta' - \theta)\,\vec{a'} + \sin\theta\,\vec{c}.$$

En passant dans le système OXYZ, nous en déduisons l'équation du plan $Ob'H$, soit :

$$-\sin\theta\cos\nu\cos\lambda X + \sin\theta\cos\nu\sin\lambda Y + \sin\beta'\cos\theta Z = 0.$$

La considération de l'intersection de ce plan et du plan (Oc, Oa) nous conduit à l'expression

$$\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}\nu \operatorname{tg}\beta' = 0.$$

La moyenne des mesures effectuées sur les clichés, pour la valeur de l'angle 2θ est $2\theta = 148°15'$, soit $\theta = 74°07'30''$.

On en tire $\varphi = 20°24'30''$. En nous bornant à la minute pour la précision de l'angle φ, nous prenons par défaut $\varphi = 20°24'$.

D'autre part, on voit aisément que :

$$\psi = \nu - \varphi = 29^\circ 48' - 20^\circ 24' = 9^\circ 24'.$$

La valeur de ψ est identique à celle donnée par Krishnan.

La méthode des germes cristallins orientés, quand il y a double orientation de ces germes, permet donc de définir complètement la position de l'ellipsoïde magnétique, si l'on connaît la forme géométrique et les paramètres du cristal.

GÉOLOGIE. — *Un champ de volcans de boue éteints en Haute-Mésopotamie.* Note (*) de M. **Jean Mercier**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Il s'agit ici de la partie occidentale de la Haute-Mésopotamie délimitée par l'Euphrate et par le grand épanchement basaltique du Karacali dag.

La série stratigraphique, reconnue du Campanien au Miocène, se présente sous deux faciès. Des marnes crayeuses se sont déposées pendant le Crétacé supérieur et le Paléocène, des calcaires francs leur succèdent au cours de l'Éocène, de l'Oligocène et du Miocène. Ces faciès rattachent ce territoire au Bloc arabique ou Plateau syrien, encastré dans l'arc des Iranides suivant des lignes de fractures soulignées par des épanchements de roches basiques.

Tectoniquement, on constate une voussure anticlinale à grand rayon de courbure dont les flancs, formés par la série calcaire, ondulés, ont un pendage de 5 à 10° au Nord-Est et au Sud-Ouest. La zone axiale, éclatée, dessine une virgation (virgation d'Urfa) convexe vers le Nord-Est. Constituée au Nord par les marnes du Crétacé supérieur et du Paléocène, cette zone axiale est couverte au Sud par le conglomérat et les calcaires miocènes transgressifs, eux-mêmes masqués par les alluvions de la plaine de Harran qui s'étend vers la Syrie sur 60 km avec 40 km de large.

La zone axiale consiste, en sa moitié Nord, en deux anticlinaux déjetés, limités au Sud-Ouest par une faille bordière. Leur flanc Sud est redressé à 50-65° alors que le flanc Nord a un pendage de 5 à 10°. La zone de contact entre les deux anticlinaux, vers l'Euphrate, est marquée par plusieurs failles déterminant des compartiments imbriqués.

Quelques failles, de direction Nord-Ouest-Sud-Est, sont seulement visibles sur des distances variables (contacts anormaux ou brèches dans la zone du Crétacé). Certaines sont aussi indiquées par de petits ilôts de basaltes que leur éloignement du Karacali dag ne permet pas de rattacher à son front de coulée. Ces petits épanchements forment plusieurs alignements sensiblement parallèles sur une direction Nord-Ouest-Sud-Est; ils sont incontestablement situés sur des lignes de fractures.

(*) Séance du 12 novembre 1951.

On constate, en parcourant le terrain, des particularités dans la topographie. Çà et là, dans la zone du Crétacé et du Paléocène, sur la plaine de Harran et sur celle de Suruç, se dressent des monticules dont l'aspect rappelle celui d'appareils éruptifs. De forme subtronconique ou arrondie, parfois éventrés par une large ouverture cratériforme, ils ont des dimensions variables (50 à 300 m de diamètre, 5 à 40 m de hauteur). Les plus fréquents ont un volume moyen. Ces monticules sont constitués par des sables argileux assez fins, de tonalité différente dans la gamme des gris suivant les zones. Le ruissellement a entaillé les couches superficielles, faisant apparaître une disposition des sédiments en croûtes concentriques.

Nombreux sur la plaine de Harran où on en compte une centaine, ces monticules sont moins fréquents dans le Nord de la zone axiale. Là, certains sont placés sur le trajet de failles visibles; ailleurs, ils sont disposés sur des alignements qui apparaissent très nettement orientés Nord-Ouest-Sud-Est quand on reporte leur position sur la carte. La première constatation permet d'inférer que l'alignement de ces monticules dans les secteurs où le sous-sol est masqué correspond à des lignes de fractures.

Je considère ces monticules comme des *volcans de boue éteints*, indices superficiels d'une zone pétrolifère sous-jacente dont les gaz, sous pression, ont fusé en certains points des lignes de fractures, entraînant à l'état d'émulsion boueuse les sédiments des couches aquifères qu'ils ont traversés et brassés pour les déposer à la surface.

Cette origine a été vérifiée, car ces volcans pouvaient être le résultat, soit d'éruptions par pression hydrostatique de boues (on connaît un artésianisme naturel en certains points), soit d'éruptions de gaz liées aux phénomènes volcaniques indiqués par les petits épanchements basaltiques alignés sur des failles. Dans des puits à main ouverts dans le flanc de quelques volcans pour examiner leur structure, j'ai recueilli, noyés dans la masse des sédiments sableux, des fragments de roches éjectés de la profondeur que l'absence d'organismes n'a pas permis de situer stratigraphiquement. Brisés, ces fragments dégagent une forte odeur d'hydrocarbures.

Il existe donc en Haute-Mésopotamie occidentale un champ de volcans de boue important (au total 145 volcans) disposés sur plusieurs lignes de fractures orientées Nord-Ouest-Sud-Est-Sud, localisés sur la zone axiale de l'anticlinal d'Urfa, sur 100 km de long et 30 de large. Quelques volcans sont alignés sur des failles de la plaine de Suruç. Les caractéristiques de ces volcans sont celles de manifestations semblables connues dans des régions pétrolifères sous climat sec, subtropical ou tropical. On remarque que les quelques indices d'asphalte injecté dans des cassures sont situés à l'extérieur de la zone couverte par les volcans.

Ces volcans de boue sont éteints. Aucun élément ne permet de situer leur période d'activité. Leur formation est antérieure à l'époque protohisto-

rique : on rencontre en effet des vestiges de l'industrie d'anciennes peuplades mésopotamiennes à leur superficie. Leur extinction peut être due à l'épuisement total des gaz, mais plus vraisemblablement à un colmatage des points d'éruption rendu possible par la baisse de la pression.

Ces volcans révèlent des gisements pétrolifères importants, jusqu'à maintenant ignorés, sans doute désagrégés en quelques parties, du fait de ce volcanisme boueux, mais pouvant comporter encore des accumulations d'huile intactes, par suite du compartimentage tectonique du sous-sol.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le niveau d'abrasion marine de l'île d'Yeu (Vendée).* Note (*) de M. **Jean Tricart**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Une coupe de l'île entre Port-Joinville et la Pointe du Châtelet traverse deux régions différentes : 1° aux abords de Port-Joinville, une surface à peu près horizontale, située à 25-27 m d'altitude, constituée par le granite arasé recouvert d'une pellicule d'arène solifluée contenant quelques pierrailles anguleuses. Au Fort de Pierre-Levée s'observe un mince placage de sables éoliens. Aucune formation marine n'est visible. Cette topographie se continue vers le Sud-Ouest jusqu'aux abords du Grand Phare et de Ker Poiraud; 2° un plan incliné, parfaitement régulier au Sud-Ouest du Grand Phare (pente 1°30″), coupé de rochers déchiquetés entre la Pointe du Châtelet et le Port de la Meule. Il s'abaisse de 25 à 15 m environ, tronqué ensuite par les falaises actuelles. Aux abords immédiats de ces dernières, et notamment dans toute la Pointe du Châtelet, la pente régulière fait place à une topographie d'amas rocheux, anciens récifs, séparés par des cuvettes évasées, profondes de 4-5 m, où le granite schisteux est fortement raboté, altéré et friable, tandis qu'il est frais et dur sur les récifs où il forme des surfaces moutonnées. Il semble que la mer ait travaillé dans un sol épais de décomposition chimique, n'abrasant la roche que là où elle était altérée et respectant les noyaux et boules de granite frais intermédiaires comme sur la côte du Léon à Saint-Egarec (1).

Sur le glacis, et au pied des anciens récifs, on trouve des galets de quartz très usés (médiane de l'indice d'émoussé, 300 environ), dont le type marin (2) confirme que cette topographie est bien une surface d'abrasion. L'usure maxima des galets se produit entre 20 et 24 m d'altitude, tandis que, dans le fond des cuvettes et plus bas, les galets sont moins émoussés et

(*) Séance du 12 novembre 1951.

(1) Nous visitâmes cette région sous la direction de M. Guilcher, dont nous rejoignons ici les idées sur le caractère sélectif de l'érosion marine.

(2) *Voir* J. Tricart et R. Schaeffer, *Rev. de Géomorph. Dyn.*, 1, 1950, p. 151-179.

plus rares (médiane, 175 millièmes environ). Comme l'étude du matériel actuel a montré que l'usure était maxima au niveau des hautes mers moyennes et faibles à celui des basses mers ([3]), on peut fixer l'altitude de l'ancien rivage vers 20-24 m pour le niveau des plus hautes mers et 19-20 m pour celui des hautes mers moyennes.

S'agit-il d'une plage « monastirienne » particulièrement élevée par suite de la violence des houles sur cette côte exposée de plein fouet aux tempêtes du Sud-Ouest ou d'une topographie littorale plus ancienne, probablement abaissée par des gauchissements en bloc ? Sur environ 2 000 galets observés, nous n'avons trouvé que des quartz, un silex et un granite si arénisé qu'il tombait en poussière. Or, les récifs sont formés de granite avec de nombreux filonnets de quartz. La formation originelle devait donc comprendre une proportion appréciable de galets granitiques. Si les quartz restent seuls, c'est que les autres éléments ont été éliminés par altération chimique. Ils ont fourni la mince couche d'arène qui tapisse le fond des creux (épaisseur 10-25 cm). Mais les galets sont également recouverts d'une forte patine d'oxyde de fer qui leur donne une teinte allant du brun doré au rouge foncé. Or, cette patine recouvre elle-même de magnifiques facettes développées par une intense action éolienne. La couche enlevée atteint souvent 2, 3 et même 4 mm. Près de la Pointe du Châtelet, un petit lambeau de sables nivéo-éoliens repose sur les galets patinés jonchant la surface d'abrasion.

L'évolution morphologique de ce littoral a donc comporté d'abord une phase marine avec formation de la plate-forme d'abrasion, puis une période d'émersion accompagnée d'abord d'une intense éolisation, de la formation d'une mince couche d'arène et d'une puissante patine très ferrugineuse, enfin d'une nouvelle éolisation périglaciaire précédant le climat actuel. La patine ferrugineuse n'a pu se former sous un climat semblable à celui d'aujourd'hui. Elle est fossile et parfois en cours de destruction. Or, on ne connaît pas de semblables phénomènes dans le milieu périglaciaire. Il semble donc qu'elle daterait d'une période interglaciaire. Dans l'Est du Bassin de Paris, dans le Dauphiné, en Languedoc, seuls les sols pré-Riss montrent une ferruginisation aussi intense. Nous serions donc enclin à considérer la plate-forme d'abrasion de l'Ouest de l'île d'Yeu comme ancienne, datant du Quaternaire moyen ou supérieur. Cela expliquerait d'ailleurs sa dissection avancée par une série de vallons aux formes périglaciaires typiques, à peu près secs actuellement, comme la Combe du Jard ou le vallon de la Meule, qui ne semblent pas avoir pu se développer au cours du seul Würm. Cette datation impliquerait un gauchissement du littoral, qui

([3]) *Voir* L. Berthois, *Rev. de Géomorph. Dyn.*, **1**, 1950, p. 199-225.

rendrait d'ailleurs compte de l'absence de formes d'abrasion de même altitude sur la face Nord-Est de l'île.

A en juger ici par l'éolisation, la période la plus rude du Quaternaire n'aurait pas été le Würm, mais, comme dans l'Est du Bassin de Paris ([4]), dans les Alpes, vers le Mans ([5]), elle serait plus ancienne, probablement rissienne. L'étude des nombreux gisements de galets de quartz éolisés du Massif Armoricain, dont beaucoup sont caractérisés par la même patine ferrugineuse que ceux de l'île d'Yeu, permettrait probablement de distinguer plusieurs phases d'éolisation quaternaires ([6]).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la désintégration granulaire des roches cristallines* ([1]). Note ([*]) de M. **Pierre Birot**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Plusieurs années d'observations et d'expérimentation, sur le terrain et au laboratoire ouvrent une route nouvelle en géographie physique, en étudiant les conditions de la désintégration des roches granitiques à gros grain. Des données numériques précises sont apportées, susceptibles d'expliquer des reliefs qui peuvent paraître singuliers dans les pays de climats accentués plus ou moins arides (méditerranéens ou subdésertiques).

Un facteur essentiel dans la désintégration des roches cristallines semble être la *vitesse de pénétration de l'eau dans la roche saine.* Nous avons donc cherché une méthode susceptible d'étudier ce phénomène. Après essai de différents colorants, il est apparu que le bleu de méthylène donnait de bons résultats. Une immersion d'une demi-heure suffit souvent pour que la roche soit imbibée sur une épaisseur moyenne de 0,5 cm, ainsi qu'il apparaît à l'œil nu sur une section polie. Au microscope, on voit le colorant dessiner de fines ramures, envahissant des craquelures du quartz et du feldspath ou se tenant à la limite des cristaux.

La vitesse de pénétration présente d'énormes différences, suivant principalement la texture de la roche et aussi le traitement qu'elle a subi. Nous avons soumis aux expériences :

1° des roches fraîches de carrière, granite à biotite à grain moyen, aplites et différentes roches de structure porphyrique;

([4]) J. Tricart, *La partie orientale du Bassin de Paris, étude morphologique*, 2, chap. I et III, S. E. D. E. S., 1951.

([5]) H. Poser et J. Tricart, *Bull. Soc. Géogr. Fr.*, 1950, p. 381-391.

([6]) A. Cailleux, *C. R. Somm. Soc. Géogr. Fr.*, 1951, p. 44-46.

([*]) Séance du 12 novembre 1951.

([1]) M. Barrabé, M[me] Jéramine, M[lle] Caillière, M. Hénin et M. Guillaume nous ont conseillé et aidé au cours de ce travail.

2° des granites à grains plus ou moins grossiers ayant subi pendant 6 mois un traitement comportant une alternance quotidienne de chaud et de froid, d'humidité et de sécheresse, la température maxima étant de 90°;

3° enfin des échantillons de granite et de roches porphyriques prélevés en surface, mais d'apparence saine.

Les résultats obtenus peuvent être ainsi résumés :

En ce qui concerne les échantillons de carrière, alors qu'une immersion de 20 mn donne une pénétration de 6 ou 7 mm pour les granites à biotite à gros grain, une immersion de 5 à 6 jours est nécessaire pour obtenir le même résultat quand il s'agit d'un granite à grain très fin (échantillons norvégiens de Frederikstadt), d'une aplite à grain assez grossier, mais ne renfermant aucun élément noir (Limousin), et plus de 12 jours pour les porphyres de l'Esterel. Dans ce dernier cas, les phénocristaux sont envahis les premiers.

Les granites à grain moyen et à biotite, soumis au traitement (alternance d'eau froide et d'étuve à 90°), ont vu leur porosité considérablement accrue. En 20 mn, la pénétration a été du même ordre de grandeur que celle obtenue après plusieurs heures d'immersion dans le bleu de méthylène, pour la roche n'ayant pas subi le traitement. Cette augmentation de porosité a été également constatée sur des échantillons n'ayant subi qu'une immersion de 2 mn dans l'eau froide, puis déshydratés sous l'action du vide pendant les 12 h suivantes. On peut en conclure que l'accroissement de porosité n'est pas dû à l'action de l'eau, mais à celle des variations de température. Le même phénomène a été constaté en ce qui concerne le granite à grain fin et à biotite de Frederikstadt.

Les échantillons de surface réagissent de façon diverse. Le granite à grains fins et à cristaux de biotite peu abondants, donnant l'inselberg de la Cabrera (Guadarrama), a été pénétré par le bleu de méthylène à une vitesse comparable à celle du granite de Norvège traité (sans doute sous l'influence des variations naturelles de température). Par contre, un filon de microgranite en saillie, près d'Avila, se montre presque aussi imperméable que les roches de carrière à deux temps de consolidation.

Dans chaque catégorie de roches, la propagation de la zone bleuie se fait de plus en plus lentement, mais cette diminution de vitesse est moins marquée pour les roches qui étaient primitivement les plus imperméables. Par exemple, au bout d'une dizaine de jours, les aplites leucocrates du Limousin sont pénétrées à peu près jusqu'à la même profondeur (environ 1 cm) que les granites normaux. Pour les roches microlithiques, le retard semble subsister.

On peut interpréter ainsi l'ensemble des faits qui viennent d'être exposés :

Les roches les plus résistantes aux effets d'un climat sec sont précisément celles qui absorbent l'eau le plus lentement : roches éruptives à

deux temps de consolidation, granite à grains fins, aplites leucocrates. Leur immunité s'explique par le fait que la durée de l'imbibition par les averses est nécessairement brève. Les roches les plus sensibles à la désintégration granulaire seront donc les plus hygrophiles. Dans les climats méditerranéens, la saison pluvieuse est plus longue, mais c'est aussi la saison froide. Le maximum de décomposition s'opère dans les saisons intermédiaires, lors des dernières averses de printemps ou des premières averses d'automne, qui sont de courte durée. Dès qu'une zone de roches « imperméables » est mise en saillie, le phénomène s'accentue automatiquement, la durée de l'imbibition étant plus brève sur les versants raides.

Au contraire, dans un climat constamment chaud et humide, les roches, surmontées d'un sol, sont baignées dans l'humidité pendant toute l'année, et le facteur différentiel de la perméabilité voit ses effets presque complètement effacés. On s'explique que les formes dues à l'érosion sélective s'estompent ou sont déterminées par d'autres facteurs : composition chimique et surtout espacement des diaclases. Sous les climats à saison sèche, dont les pluies tombent en été, le facteur de la vitesse d'imbibition est également moins important, puisque coïncident la saison humide et celle des hautes températures.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la présence de la ludwigite dans un contact pyrénéen.* Note de M. **Gérard Guitard**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Dans les Pyrénées-Orientales, il existe des cipolins dans les gneiss (embréchites) ou dans les micaschistes. Au pic de Costabonna (2 464 m) à l'Ouest de la Preste, ces cipolins sont au contact du granite. En étudiant la zone métamorphique du versant français pendant l'été 1951, j'ai constaté la présence de la ludwigite, borate de fer et de magnésium.

Le granite à biotite passant localement à un granite à deux micas à tendance aplitique, détermine dans les calcaires dolomitiques la formation d'un massif de « skarn » où domine l'andradite (s'isolant en beaux rhombododécaèdres dans des géodes) associé au diopside hédenbergite souvent ouralitisé, à l'idocrase, à la wollastonite, à la hornblende. Des amas de magnétite constituent des ségrégations marginales au contact du granite et du skarn. Elles sont riches en apatite et la scheelite s'y rencontre en petits éléments disséminés. Ce dernier minéral a été détecté à la lampe à ultraviolet grâce à l'obligeance de M. J. Lougnon. Dans les calcaires, les parties magnésiennes ont suscité la formation de trémolite, spinelle (pléonaste), clinohumite, chondrodite, forstérite, phlogopite, chlorite, antigorite, brucite, répartis en lits ou filonnets parfois capricieusement contournés; alors que dans les parties calciques, il s'est formé du grossulaire, du

diopside, de la zoïzite. Des petits nodules de magnétite, pyrrhotine et pyrite, s'y observent. Cet ensemble est recoupé par des filons de quartz minéralisés aux épontes par chalcopyrite et pyrite, et traversés de fentes où ont cristallisé grossulaire, épidote, clinozoïzite, sphène, adulaire, chlorite, quartz et calcite.

La ludwigite apparaît dans le calcaire au voisinage des amas de magnétite associée à une chondrodite jaune pâle sous forme de lits noirâtres. Une surface fraîche montre le minéral formant des croûtes fibro radiées et s'isolant parfois en sphérules. Il est constitué par de fines aiguilles d'un noir soyeux atteignant 1 à 3 mm. En lumière transmise, le minéral constitue des masses opaques à la périphérie hérissée d'aiguilles ou des agrégats fibroradiés délicats. Certains éléments sont transparents seulement sur leur bord et rarement dans leur totalité. On constate alors le fort relief du minéral, qui est dispersif, le pléochroïsme énergique : ng brun, np vert, l'extinction droite avec ng parallèle à l'allongement. Plus propice à l'étude du minéral, la lumière réfléchie décompose les parties opaques en éléments allongés souvent déformés, flabelliformes. En dépit d'un polissage soigné, il existe des figures d'arrachement en triangles allongés. Les extinctions sont nettes, de même que le pléochroïsme de réflexion dans l'air : gris bleu, perpendiculaire à l'allongement; gris plus clair parallèlement. La polarisation se fait dans des tons assez élevés, gris ardoise un peu violacé avec quelques réflexions internes rouges. La présence de sections transversales, $mm = 89^{\circ}$ est un bon élément de diagnose. Le pouvoir réflecteur estimé par comparaison est de l'ordre de 0,12.

Deux spectres d'émissions juxtaposés ont été faits par A. Sandréa. 15 mg de ludwigite de Resbanya et 15 mg du minéral de Costabonna. Les spectres sont identiques quant aux éléments de base, soit bore, fer, magnésium. Le minéral de Resbanya montre des traces de calcium, baryum, strontium et zinc; dans les fibres de Costabonna apparaissent surtout, calcium, manganèse et zinc. Selon l'analyse spectrale, les deux corps sont les mêmes. La nature du minéral a été établie chimiquement par C. Guillemin.

La ludwigite est connue dans les contacts d'un petit nombre de localités : Norberg (Suède), Rezbanya (Banat), Suian (Corée), et récemment Philipsburg (Montana) (1) et Broadford (Skye) (2). Dans ces gisements, elle est toujours associée à la magnétite et souvent accompagnée d'autres borates qu'une étude plus détaillée décélera peut-être dans le gîte pyrénéen.

Ainsi, au pic de Costabonna, la présence dans les contacts de minéraux

(1) W. T. Holser, *Bull. Geolog. Soc. Amer.*, 61, 1950, p. 1053-1090.

(2) C. E. Tilley, *Mineral. Mag.*, 214, 1951, p. 621-663.

fluoro-borés montre « la liaison indissoluble existant entre la production des phénomènes pneumatolytiques et le métamorphisme de contact lui-même » (A. Lacroix).

ALGOLOGIE. — *Sur la reproduction sexuée de l'*Halimeda Tuna (*Ell. et Sol.*) *Lamour. f.* platydisca (*Decaisne*) *Barton.* Note de M. **Jean Feldmann**, présentée par M. Roger Heim.

Cet *Halimeda* dioïque, produit, dans des vésicules gamétogènes où s'accumule le contenu de leur appareil végétatif. des gamètes anisogames, pourvus ou non de stigma. Lors de leur émission, le contenu de la plante se vide à l'extérieur. Cette holocarpie et l'anisogamie peu prononcée des gamètes, comparables à ce qui a lieu chez les *Caulerpa*, confirment la réunion de ces deux genres dans un ordre distinct des Siphonales s. str. : les Caulerpales.

Nos connaissances sur la reproduction des Udotéacées n'ont guère progressé depuis les observations, datant de près d'un siècle, de Derbes et Solier [1] sur l'*Halimeda Tuna*. Ces auteurs ont décrit la formation, à la périphérie des articles discoïdes de l'Algue, de touffes de filaments portant de nombreuses vésicules piriformes à l'intérieur desquelles se forment des zoïdes biflagellés, dont la nature sexuée ou non était inconnue et qui sont, en réalité, des gamètes.

Ayant récolté, le 25 août 1951 à Banyuls-sur-Mer (Pyrénées-Orientales), plusieurs individus fertiles d'*Halimeda Tuna* f. *platydisca*, j'ai pu constater, tout d'abord, qu'au moment de la formation des vésicules gamétogènes, bien conformes à la description de Derbes et Solier, presque tout le contenu des filaments siphonés de l'Algue et notamment les plastes (chloroplastes et amyloplastes) s'accumulent dans les vésicules gamétogènes; les filaments végétatifs vidés de leur contenu ne renferment plus que quelques rares grains d'amidon et d'assez nombreux cristalloïdes protéiques. L'appareil végétatif de l'Algue, ainsi vidé, apparaît alors d'un blanc éclatant, tranchant sur le vert intense des vésicules gamétogènes. Celles-ci restent en communication ouverte avec l'appareil végétatif et ne se ferment jamais à la base par une cloison, comme c'est le cas pour les gamétocystes de *Codium*. A l'intérieur de ces vésicules, se différencient, progressivement et simultanément pour toute la plante, des gamètes biflagellés de deux sortes : chez certains individus, caractérisés par la teinte brune que prennent les vésicules gamétogènes, les gamètes, de forme ovoïde, mesurant 7 à 8 μ de long et 3 à 4 μ de large, renferment généralement trois chloroplastes très petits et un stigma en forme de croissant vers leur partie postérieure. D'autres individus produisent des vésicules gamétogènes d'un vert franc très intense qui renferment des gamètes moins allongés que les

(1) *Académie des Sciences*, suppl. aux *Comptes rendus*, p. 1-120, pl. 1-23, Paris, 1856.

précédents (5 à 6 μ de long), également pourvus de chloroplastes, mais sans stigma.

L'émission des gamètes se produit simultanément pour tous les individus, le matin de très bonne heure. Tout le contenu des vésicules se répand dans l'eau de mer, formant un nuage dense au sein duquel les gamètes nagent parmi les grains d'amidon et les cristalloïdes protéiques qui n'ont pas été utilisés pour leur formation. Les zoogamètes ne présentent aucun phototactisme et cessent rapidement de se mouvoir. Ayant séparé, dans des cristallisoirs différents, les individus producteurs de l'un ou l'autre type de gamètes et n'ayant pu mettre assez tôt en contact les gamètes des deux sexes, je n'ai pu observer leur copulation.

La formation des gamètes chez l'*H. Tuna* s'effectue donc d'une manière très différente de celle des *Codium* dont on les rapprochait autrefois. Elle ressemble, par contre, beaucoup à celle décrite chez les *Caulerpa*. Chez ces Algues, en effet, il y a également holocarpie, c'est-à-dire transformation en gamètes et émission à l'extérieur de tout le contenu de la fronde siphonée. De même, l'anisogamie peu prononcée de l'*Halimeda* se rapproche beaucoup de celle qui a été signalée par Iyengar (²) chez le *Caulerpa racemosa* var. *uvifera* où les gamètes mâles sont dépourvus de stigma alors que les gamètes femelles en possèdent un.

Cette concordance dans le mode de reproduction sexuée entre le genre *Halimeda* et le genre *Caulerpa*, justifie le rapprochement que j'ai proposé antérieurement (³), d'après leur caractère cytologique commun (hétéroplastie), des deux familles des Udotéacées et des Caulerpacées en un ordre distinct des Siphonales s. str. : l'ordre des Caulerpales.

PÉDOLOGIE. — *Influence de l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique sur le développement de l'*Azotobacter *dans le sol.* Note de Mlle **Georgette Vindard** et M. **Philippe Daste**, présentée par M. Raoul Combes.

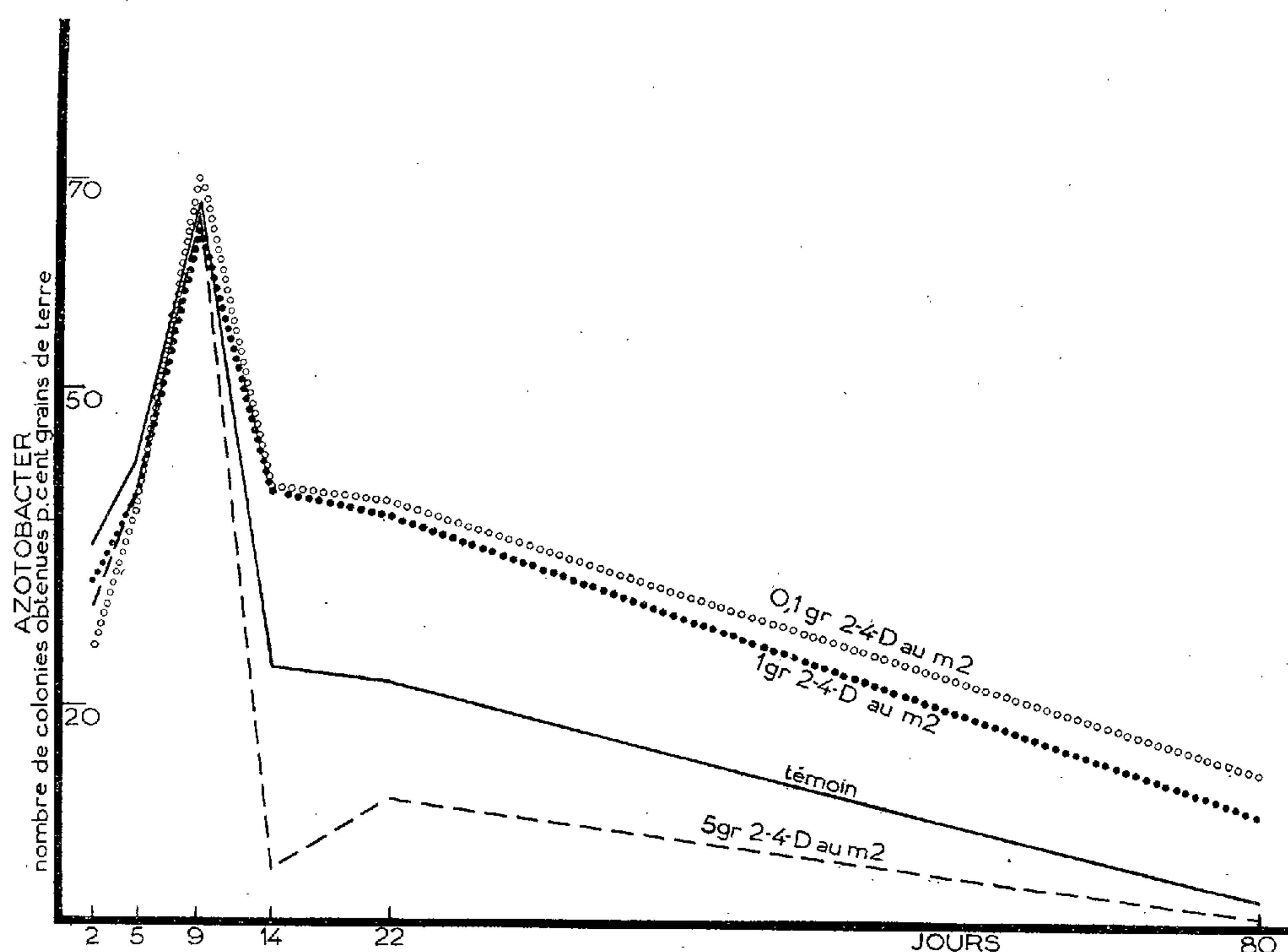
Le 2.4-D, utilisé en agriculture comme désherbant, ne présente pas d'action nocive vis-à-vis des *Azotobacter* lorsqu'il est employé aux doses habituelles de la pratique agricole.

Les agronomes ont rarement étudié l'influence que peuvent avoir, sur les bactéries du sol, les substances toxiques employées en agriculture. Cette étude mérite d'être entreprise, notamment dans le cas des désherbants tels que l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique (2.4-D). La présente Note relate l'action qu'exerce le sel de sodium de l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique sur les *Azotobacter*.

(²) *Indian Bot. Soc.*, **18**, n°s 4-6, 1940, p. 191-194.

(³) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 752.

Technique. — Une terre tamisée et homogénéisée dont la fertilité initiale en *Azotobacter* était de 46 %, fut répartie dans quatre séries de dix boîtes de Pétri chacune, à raison de 50 g de terre par boîte. Chaque boîte fut arrosée en une seule fois avec 30 cm³ d'une solution aqueuse de sel de sodium du 2.4-D, dont la concentration était calculée de manière à obtenir des doses de 0,1, 1 et 5 g : m² pour les trois premières séries (soit 1 kg : ha, 10 kg : h, 50 kg : h). Les boîtes de la quatrième série, destinée à servir de témoin, ont reçu chacune 30 cm³ d'eau ordinaire. Toutes les boîtes furent conservées ensemble de façon à être soumises aux mêmes conditions externes. Des prélèvements furent effectués dans les boîtes de chaque lot à des intervalles variables, afin d'évaluer leur teneur en *Azotobacter*. Pour titrer la bactérie, nous ensemencions des plaques de silico-gel à la mannite au moyen de la terre prélevée selon la « méthode des grains » et nous dénombrions ceux donnant lieu à l'apparition d'une colonie d'*Azotobacter* (¹).



Courbe résumant l'action du 2.4-D sur le développement de l'*Azotobacter* dans le sol.

Les résultats définitifs de chaque série furent traduits en pourcentages et consignés dans le diagramme ci-dessus.

(¹) Ce silicogel fut préparé suivant une variante de la technique de Winogradsky mise au point par Ph. Daste et R. Heller (*Rev. gén. Bot.*, 58, 1951, p. 393-412).

Résultats. — La terre simplement humectée, présente le diagramme habituel de fertilité en *Azotobacter*, avec un maximum correspondant aux conditions optimales d'humidité, de température et d'aération. La courbe montre un sommet suivi d'une chute assez rapide. Les échantillons traités au 2.4-D présentent des diagrammes analogues à celui correspondant au témoin jusqu'au 9[e] jour de l'expérience. La richesse en *Azotobacter* est très sensiblement égale à celle de la terre non traitée. Mais à partir du 14[e] jour, un effet léthal apparaît dans la série ayant reçu une dose correspondant à 5 g de 2.4-D par mètre carré, tandis que dans le cas de terres traitées avec des doses égales ou inférieures à 1 g : m^2 (d'autres essais donnant des résultats identiques furent faits avec des doses de 0,2 et 0,5 g : m^2), on constate une légère stimulation du développement des *Azotobacter* par rapport au témoin.

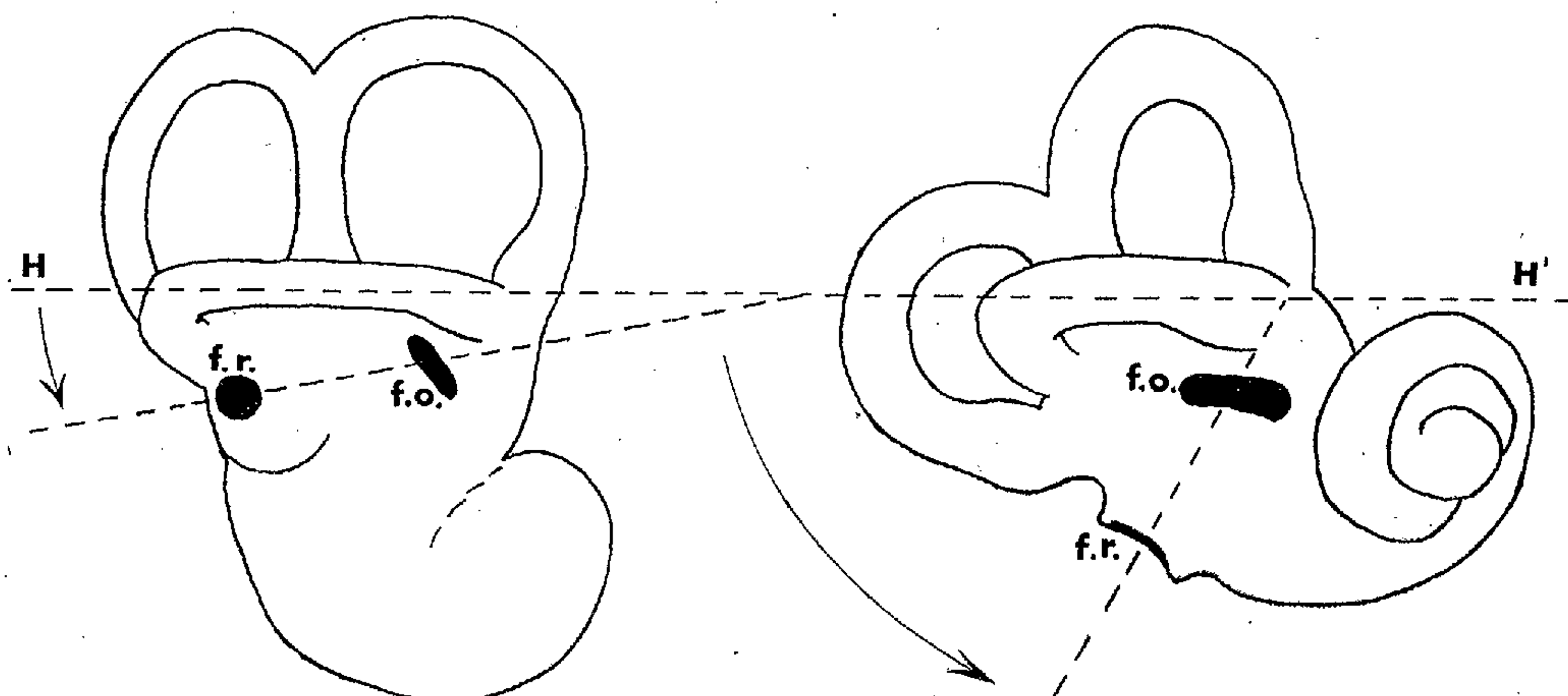
Ce fait surprenant nous a suggéré que l'*Azotobacter* pourrait utiliser le 2.4-D comme source de carbone. Des expériences sont en cours en vue de vérifier cette hypothèse.

Quoi qu'il en soit, du point de vue de l'agronomie pratique, on peut affirmer que le 2.4-D n'est pas nocif pour les *Azotobacter* aux doses couramment utilisées pour le désherbage des champs de céréales.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Le point central de la rotation occipitale dans la série des Mammifères.* Note de MM. **Jean Anthony** et **Roger Saban**, présentée par M. Louis Fage.

On sait, depuis fort longtemps, qu'au cours de son évolution le télencéphale mammalien se développe en s'enroulant d'avant en arrière, puis de haut en bas autour du seuil des hémisphères cérébraux. Son bord postérieur, à partir des Carnivores, vient buter au cours de ce mouvement contre la pyramide pétreuse, en regard de la dépression profonde qui loge le *paraflocculus* et que l'on nomme *fossa subarcuata*. Ainsi que l'un de nous l'a montré (J. Anthony, 1946), celle-ci se comporte dès lors comme un centre secondaire de rotation autour duquel se déploicra le lobe occipital chez les Mammifères supérieurs. A. Delattre (1948, 1949, 1950) a récemment fixé, d'autre part, sous le nom de « bascule occipitale », les déplacements osseux qui correspondent à ces modifications encéphaliques. Ils paraissent également centrés sur la *fossa subarcuata*. Mais à l'intérieur même de la pyramide pétreuse, et plus précisément au niveau de l'oreille interne, il avait été, jusqu'à présent, très délicat de saisir les répercussions de ces deux phénomènes conjugués. On connaissait néanmoins les rapports étroits que contractent les parois de la *fossa subarcuata* avec le labyrinthe osseux : la paroi inférieure, ou plancher, contient, dans son épaisseur,

le canal semi-circulaire externe, dont L. Girard (1911) a souligné, le premier, l'orientation relativement stable et la nécessité physiologique de cette stabilité dans l'équilibration; les parois antérieure et supérieure s'inscrivent dans la courbe même du canal semi-circulaire supérieur. Précisément à cause de ces rapports, la *fossa subarcuata* et son contenu semblent placés dans un espace « mécaniquement mort », ce qui confirmerait le rôle de pivot qu'on peut leur attribuer. Nous nous sommes attachés à en apporter la démonstration en prenant un certain nombre de points de repère, non plus à distance sur l'encéphale ou l'endocrâne, mais sur le labyrinthe osseux lui-même *tout autour de la fossa subarcuata* et en examinant dans quelle mesure ces points de repère se déplacent ou demeurent fixes dans la série des Mammifères.



Labyrinthe osseux de l'Écureuil à gauche, et celui de l'Homme à droite, ramenés à une même taille. HH', plan horizontal passant par le canal semi-circulaire externe; f. o., fenêtre ovale; f. r., fenêtre ronde. Les flèches indiquent le sens de la rotation.

Nous avons considéré dans ce but les Rongeurs, les Cervidés, les Carnassiers, les Anthropoïdes et l'Homme. Nos observations nous ont amenés aux conclusions suivantes : 1° L'orientation du canal semi-circulaire supérieur ne varie pas appréciablement. 2° Le canal semi-circulaire postérieur est fortement déporté en arrière puis en bas, lorsque l'on s'élève vers l'Homme. A. Delattre l'avait déjà noté. Tout spécialement, l'extrémité ampullaire de ce canal s'abaisse considérablement. 3° Le canal semi-circulaire externe reste fixe dans sa moitié antérieure; sa moitié postérieure, au contraire, se laisse quelque peu entraîner dans le mouvement de rotation. 4° Les orifices par lesquels le labyrinthe osseux communique avec l'oreille moyenne, c'est-à-dire la fenêtre ronde et la fenêtre ovale, sont refoulés, le premier de haut en bas, le second de bas en haut; en ce qui concerne ce dernier, il s'agit surtout d'une mobilisation de son extrémité antérieure; le déplacement des fenêtres peut être chiffré d'une manière

très simple, en mesurant l'angle que forme une droite passant par leur milieu avec la direction de la moitié antérieure, fixe, du canal semi-circulaire externe; cet angle mesure 10° chez l'Écureuil, 22° chez les Cervidés; puis il s'élève de 27 à 30° chez les Carnassiers, à 40° chez les Anthropoïdes, pour atteindre enfin 60° dans l'espèce humaine. 5° La deuxième portion de l'aqueduc de Fallope, qui passe entre la moitié antérieure du canal semi-circulaire externe et la fenêtre ovale, est fixe.

En définitive, la *fossa subarcuata* et le *paraflocculus*, ainsi que la moitié antérieure du canal semi-circulaire externe, sur laquelle ils sont placés, constituent bien le centre anatomique de la rotation occipitale du cerveau et de la « bascule occipitale » du crâne. Dans le problème capital de l'orientation du crâne, encore incomplètement résolu, ces faits apportent une lumière nouvelle, en justifiant l'utilisation de la méthode d'orientation vestibulaire proposée naguère par A. Delattre et dont l'exactitude n'avait pu, jusqu'à présent, être démontrée.

PHYSIOLOGIE. — *La synthèse de l'hémoglobine au cours des régénérations sanguines.* Note (*) de MM. **Pierre Brocq** et **Théodore Stephanopoli**, présentée par M. Léon Binet.

Les petites hématies qui se répandent dans les vaisseaux dès le début des phénomènes de réparation, en général à l'issue de la « crise hématoblastique », et qui résultent d'un bourgeonnement des Erythrocytes adultes, manifestent un pouvoir de synthèse propre à leur capacité de développement : elles paraissent aptes à élaborer au sein du milieu nutritif où elles prennent naissance la protoporphyrine qui conduit aux enzymes hématiniques et à l'hémoglobine.

Dans un sang normal en voie de réparation, le relèvement du taux de l'hémoglobine n'est point parallèle à l'accroissement du nombre des globules rouges, il est régulièrement plus tardif, et la diminution de la *valeur globulaire* durant les premières phases de la réparation traduit ce phénomène classique. La valeur globulaire s'abaisse de façon très précoce, parfois, à l'issue ou même au départ de la crise hématoblastique. Hayem expliquait la singularité de ce fait par une transformation des « hématoblastes » en petites hématies peu chargées d'hémoglobine [1].

Il est certain que les éléments de nouvelle formation, quelle que soit leur origine, n'ont pas une charge normale de pigment.

De récentes analyses physiques et chimiques permettent de constater que la matière colorante du sang dans les anémies secondaires ou hypochromes subit des modifications fonctionnelles, qu'elle se rapproche pour

---

(*) Séance du 12 novembre 1951.

(1) *L'Hématoblaste*, Presses universitaires de France, 1923.

une part de l'hémoglobine fœtale, et n'apparaît plus homogène ([2]). Les traitements antianémiques soulignent, d'autre part, un accroissement de protoporphyrine libre dans les Érythrocytes du sang qui se régénère, et il appert que cette protoporphyrine libre globulaire résulte d'un processus normal de synthèse ([3]), dont le siège dans les organes hémopoïétiques, ainsi que celui de l'hémoglobine nouvelle ou modifiée, est inconnu.

Nous observons qu'au contact de l'oxygène de l'air les Érythrocytes anucléés du sang de l'Homme et des Mammifères présentent à maturité un phénomène régulier de dédoublement, qui est *l'équivalent d'un bourgeonnement cellulaire*, et qui éclaire l'origine des *microcythémies* ([4]). La reproduction par bourgeonnement de ces éléments autonomes trouve une complète homologie dans une culture des Érythrocytes nucléés des Ammamaliens ([4]). Le nombre des microcytes augmente constamment dans tout échantillon de sang frais conservé en milieu isotonique et nutritif, hors de l'organisme, et l'importance de cette microcytose est en rapport avec le régime aérien, qui apparaît nécessaire aux synthèses pigmentaires.

La filiation des nouvelles hématies est décelée par une série d'états évolutifs dont le lien surgit à la lumière des variations de l'activité des ferments hématiniques, principalement des peroxydases. A l'état naissant, le bourgeon érythocytaire se signale par un système enzymatique semblable à celui que possède le globule matriciel au niveau du pôle bourgeonnant. La teneur en peroxydases, alors maxima, diminue à mesure que le petit globule évolue et s'accroît en se recouvrant du pigment respiratoire.

A la surface des Érythrocytes nucléés des Vertébrés ovipares, la transformation progressive du chromogène ou de la matière de l'hématine-ferment vers le stade d'hémoglobine est manifeste de la périphérie du cytoplasme vers le centre et jusqu'au niveau de l'appareil nucléaire. Les cellules les plus évoluées montrent quelquefois une modification totale de leur équipement peroxydasique; le noyau lui-même subit la transformation enzymatique et acidophile, il n'est pas rare qu'il disparaisse à l'extrême limite du développement, la cellule se montrant alors uniformément recouverte d'hémoglobine, à l'instar de l'hématie des Mammaliens.

Le processus de pigmentogénèse que nous distinguons dans le développement des microcytoses expérimentales a été constaté ailleurs sous un semblable aspect biochimique ([5]). Marcel Prenant remarqua chez certains animaux

---

([2]) P. Bicart, *Th. méd. Strasbourg*, 1929; S. Chapira, J.-Cl. Dreyfus et J. Kruh, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1614.

([3]) H. Bénard, A. Gajdos et Y. Canivet, *Le sang*, 20, 1949, p. 289 et *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 38 et 685; A. Gajdos, *Rev. d'Hématol.*, 6, n° 2, 1951 p. 197.

([4]) P. Brocq et Th. Stephanopoli, *Soc. franç. d'Hématol.*, 1950; P. Brocq et Th. Stephanopoli, *Comptes Rendus*, 1950, 233, p. 325.

([5]) M. Prenant, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 17, n°s 8-10, 1921.

inférieurs que beaucoup de cellules à pigment représentent le terme d'une évolution des cellules à peroxydases. Des constatations analogues ont été faites dans les tissus pigmentaires des Végétaux. L'évolution de la matière peroxydasique des Érythrocytes objective avec le plus de netteté ce mode intracellulaire de maturation, qui s'avère très général.

Il nous est également possible de saisir une production de protoporphyrine *in vitro*, et d'en fixer le siège au sein des globules qui naissent par bourgeonnement des Érythrocytes adultes. Les hématies de petite taille, sphériques et d'aspect évolutif, se caractérisent par une réfringence particulière, qui, en l'espèce, est bien révélatrice de la concentration de la substance chromogène, et que le microscope à fluorescence permet assez facilement d'évaluer. Le sang conservé accuse après deux à trois jours un accroissement de protoporphyrine libre globulaire; la synthèse de ce pigment est plus marquée si nous ajoutons au milieu de conservation des éléments nutritifs : cela est particulièrement remarquable avec addition de facteurs de croissance du type de l'acide folique ou de la vitamine B_{12}, ainsi que l'ont bien établi, d'autre part, D. Shemin et D. Rittenberg en Amérique [6], H. Bénard et A. Gajdos en France [7].

Quant aux modifications de l'hémoglobine qui sont observées au cours des anémies secondaires, et chez l'embryon, ou à la naissance [8], il nous est désormais possible d'en saisir la signification en les situant dans le cadre d'une *maturation aérobie*, dont la protoporphyrine marque le départ et l'oxyhémoglobine ou la méthémoglobine l'aboutissement.

La formation des pigments respiratoires s'affirme biologiquement inséparable d'une évolution de la matière enzymatique qui resurgit ou se concentre dans le bourgeon des Érythrocytes; la synthèse de l'hémoglobine se révèle intra-vasculaire au cours des régénérations sanguines : elle a ainsi pour siège le bourgeon érythrocytaire, qui s'identifie à l'hématoblaste de Hayem et dont une exceptionnelle faculté d'assimilation conditionne la puissance de développement dans la circulation générale.

CYTOLOGIE. — *Le spermatozoïde de* Neoheegeria verbasci (*Osborn*) (*Insecte-Thysanoptère*). Note (*) de Mlle **Odette Tuzet** et M. **André Bournier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'un de nous ayant commencé une étude de la Biologie et de la Cytologie de la reproduction des Thysanoptères, nous avons été amenés à

---

(6) *J. biol. Chem.*, 159, 1945, p. 567; 166, 1946, p. 621.

(7) H. Bénard, A. Gajdos et Me M. Gadjos-Török, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 1488.

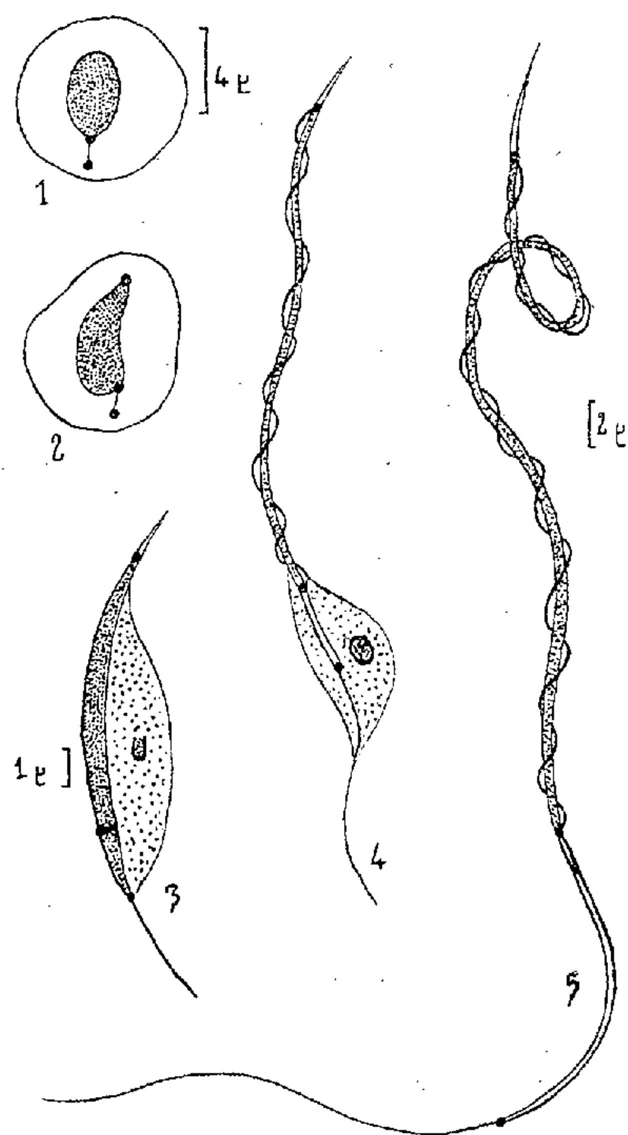
(8) J. Roche et J. Derrien, *Ier Congrès international de Biochimie*, Cambridge, 19-25 août 1949 et *C. R. Soc. Biol.*, 142, nos 15-16, 1948, p. 1001.

(*) Séance du 12 novembre 1951.

étudier la spermatogenèse de l'espèce bisexuée *Neoheegeria verbasci* (Osborn).

Nous donnerons seulement ici la description du spermatozoïde et des stades de la spermiogenèse nécessaires à la compréhension de la structure de la spermie.

Les spermatozoïdes forment, dans les voies différentes, des faisceaux dans lesquels ils sont disposés parallèlement. Chaque filament spermatique est sinueux, aussi le faisceau tout entier a l'aspect d'une chevelure ondulée.



Un spermatozoïde (*fig.* 5) montre, à sa partie antérieure, un acrosome effilé, de 5 μ environ de longueur. A la base de l'acrosome est un centrosome antérieur, mais qui ne semble pas donner naissance à un stéréocil. Ce centrosome antérieur, distinct du groupe centriolaire postérieur, se voit déjà dans les jeunes spermatides (*fig.* 2). L'acrosome se forme ici comme dans presque toutes les spermiogenèses par une sécrétion de l'idiozome dont le reliquat se localise ensuite dans le cytoplasme résiduel (*fig.* 3 et 4). Il sera rejeté avec la larme de cytoplasme résiduel.

La tête chromatique est mince et mesure 45 μ de long environ. Un filament chromatique externe est enroulé autour de cette tête. Il est souvent détaché de son support par les fixateurs et prend alors l'aspect d'une membrane ondulante. Nous avons observé la genèse de ce filament latéral.

Le groupe centriolaire postérieur, d'abord placé comme dans le cas normal à la partie postérieure du noyau (*fig.* 1), devient ensuite latéral

(*fig.* 2). C'est dans cette position que le centrosome proximal donne naissance au filament chromatique. Celui-ci, d'abord appliqué à la surface de la tête (*fig.* 3), s'enroulera en spirale autour de celle-ci, car son allongement est plus rapide que celui de la masse de chromatine (*fig.* 4).

Le segment mitochondrial de la spermatide, d'abord court (*fig.* 3), s'allongera peu à peu. Il mesure environ 20 μ dans le spermatozoïde. Un flagelle caudal issu du centrosome distal lui fait suite.

Les Thysanoptères étaient classés par Handlirsch (in Kükenthal, 1926-1930) dans le superordre des *Orthoptera*; Pesson (in *Traité de Zoologie* de Grassé, 1951) est plus réticent sur les affinités des Thysanoptères.

Nous nous sommes demandé si la structure du spermatozoïde pouvait nous éclairer sur ces affinités.

Le spermatozoïde de *Neoheegeria verbasci* est bien différent de celui des Hémiptères (*Velia-Geris*) qui, d'après le travail de Poisson (1936), serait caractérisé par l'extrême allongement de l'acrosome à la base duquel est le noyau très condensé, enclavé dans le corps postnucléaire. Au contraire, le spermatozoïde des Orthoptères, comme celui de *Pamphagus marmoratus*, que nous avons nous-même étudié, montre un acrosome effilé avec centrosome antérieur, une tête et un segment intermédiaire filiformes prolongés par le flagelle caudal. Mais le spermatozoïde de *Neoheegeria verbasci* possède, en outre, un filament chromatique extérieur à la tête, structure qui fait de la spermie des Thysanoptères un spermatozoïde d'allure spéciale.

Dans les testicules et voies déférentes de *Neoheegeria verbasci* (Osb.), les spermatozoïdes sont tous semblables. Nous n'avons pas vu de spermatozoïdes anormaux dans nos préparations. Les mitoses de maturation (dont nous n'avons pu avoir jusqu'à présent assez d'images pour en faire une étude précise) semblent montrer la formation à la première mitose d'une cellule abortive qui dégénérera. La suite de la spermatogenèse sera normale pour les éléments restants.

NUTRITION. — *Les effets généraux et l'action stérilisante du cholestérol ajouté à un régime riche en acides gras polydésaturés.* Note (*) de Mme **Jeanine Raulin**, présentée par M. Robert Courrier.

L'addition de cholestérol à un régime riche en acides gras polydésaturés conduit à des accidents multiples : elle entraîne une forte mortalité, provoque des troubles divers, dont une grave atteinte de l'œil, et conduit à la stérilité absolue par suite de résorption des fœtus.

Dans un précédent travail ([1]), nous avons rapporté l'action galacto-

(*) Séance du 22 octobre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 351.

gène du cholestérol ajouté à un régime de référence du Rat blanc contenant de la margarine et du lard comme source lipidique. Recherchant si cette propriété était constante quelle que soit la nature des graisses alimentaires, nous avons étudié les effets d'addition de cholestérol à des régimes riches en acides gras polydésaturés, en l'espèce les acides gras totaux de l'huile de tournesol.

Le régime de base avait la composition suivante (en pour cent) : caséine dévitaminée 30, sucre 48, acides gras totaux du tournesol 15, mélange salin d'Osborne-Mendel 5, papier 2. A chaque kilogramme de ce mélange, on ajoutait : 20 mg de B_1, B_2, B_6, PP, 40 mg de pantothénate de Ca, 200 mg d'inositol, 1 mg d'acide folique, 0,2 mg de biotine, 500 mg de choline, 20 mg de tocophérol et 5 mg de vitamine K. Les facteurs A et D étaient administrés directement sous forme d'un concentré titré.

Deux séries de 8 femelles pesant au départ 37 g ont été soumises, soit au régime de base seul, soit au régime surchargé en cholestérol à raison de 3 %. L'expérience a duré 178 jours, dont 117 jours ont été consacrés à l'étude de la croissance et le reste à celle de la reproduction.

État de santé. — Les animaux placés au régime de base ont toujours été en bonne santé et l'on n'a enregistré aucune mortalité pendant la croissance. Au contraire, les sujets recevant du cholestérol présentent très précocement des troubles divers. Dès le 2e jour, ils sont tous pris de diarrhée et ont un aspect repoussant de maigreur et de saleté. Au 3e jour, 3 femelles sur 8 sont mortes. Les autres paraissent condamnées. Cependant, après une période stationnaire de quelques jours, la croissance reprend, la fourrure redevient normale. Néanmoins, 3 femelles sur les 5 restantes présentent un signe oculaire très curieux : la couleur rouge de l'œil commence par foncer, puis l'aspect devient vitreux, enfin l'œil semble totalement envahi par une substance laiteuse. L'examen histologique, poursuivi par Jacques Mawas, montre qu'en fait il s'agit d'une très grave cataracte. Nous ne faisons ici qu'en signaler l'existence, poursuivant l'étude de son évolution et de sa signification nutritionnelle.

Croissance. — Après avoir surmonté les troubles initiaux, les survivants du lot placé au cholestérol reprennent du poids et leur courbe de croissance rejoint, vers le 15e jour, celle des témoins. Au 117e jour, les observations se résument ainsi :

Régimes.	Survivants (%).	Poids moyen d'un rat.	Gains de poids moyens par jour et par rat.
Régime de base	100	196	1,35
Id. + 3 % de cholestérol	62	186	1,27

Désireux de confirmer ces résultats, nous avons à nouveau soumis deux séries de 5 femelles aux régimes précédents. Les animaux sans cholestérol ont une croissance normale (3,2 g par jour) pendant les 43 premiers jours.

Ceux qui en ingèrent présentent des troubles gastro-intestinaux, un des sujets meurt le 6e jour, un autre est atteint de dégénérescence de l'œil.

Reproduction. — Le cycle estral est assez irrégulier dans les deux lots, mais sans tendance à l'estrus ou au diestrus permanent. Toutes les femelles ont accepté le mâle et ont été fécondées (signe placentaire). Dans la série témoin, elles ont toutes mis bas des portées variant de 3 à 11 petits. Sur les 53 naissances, il y avait 8 mort-nés; 31 petits sont arrivés au sevrage. Dans la série surchargée en cholestérol, aucune femelle n'a été jusqu'à parturition, tous les fœtus ayant été résorbés *in utero* comme le montrent les traces assez peu nombreuses relevées à l'autopsie.

Métabolisme. — L'addition de cholestérol conduit à un foie gras très accusé (le foie est blanc) et à une diminution considérable des graisses abdominales. Pour permettre la comparaison et comme toutes les femelles au cholestérol avaient avorté, nous avons choisi des mères du lot témoin n'ayant pas allaité.

Régimes.	Poids moyen du foie (g).	Poids moyen des graisses abdominales (g).
Régime de base	7,120	12,981
Id. +3 % cholestérol	14,850	4,048

L'effet d'une surcharge en cholestérol est donc très différent selon la nature des lipides alimentaires. Elle améliore une ration à base de margarine et de lard; par contre, elle s'avère toxique au sens large du mot lorsque le régime contient comme seuls lipides un fort pourcentage d'acides gras polydésaturés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la 2.3-butanediol-déshydrogénase avec un extrait enzymatique bactérien.* Note de MM. **Jean-Paul Aubert** et **Raymond Gavard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le 2.3-butanediol et l'acétoïne sont des corps qui existent dans les milieux biologiques les plus divers, et il est rare que la présence de l'un n'entraîne pas celle de l'autre, au moins à l'état de traces. La transformation d'un des composés en l'autre a été rapportée maintes fois avec des bactéries proliférantes ou non proliférantes, mais jamais avec des extraits (1).

La bactérie utilisée est *Neisseria Winogradskyi* isolée du sol par Lemoigne et coll. (2); elle possède la propriété de se développer en milieu synthétique contenant le 2.3-butanediol comme seul aliment carboné (le produit employé est un mélange composé environ de : 90 % de l'isomère meso, 8 % du *d* et 2 % du *l*). Les microbes sont séchés à l'acétone et autolysés dans du tampon phosphaté à pH 7,0. Après traitement au sulfate d'ammonium entre 0,32

(1) *Voir* W. Francke *in Ergebnisse der Enzymforschung*, 10, 1949, p. 264.

(2) *Ann. Inst. Pasteur* (à paraître).

et 0,70 de saturation, la fraction active est dissoute dans l'eau, puis dialysée pendant une nuit. L'éxtrait ainsi obtenu ne renferme pratiquement plus de coenzyme, il conserve 85 % de l'activité totale de l'extrait brut, son activité rapportée au milligramme d'azote est deux fois plus forte.

L'étude des principales propriétés de la déshydrogénase a été faite à l'appareil de Warburg dans l'air, à pH 7,9 et à 37° avec l'isomère meso.

1. *Système complet.* — La chaîne complète employée est : butanediol, protéine-diphosphopyridine nucléotide (DPN), diaphorase, bleu de méthylène, O_2. L'absence d'un des constituants empêche le fonctionnement du système. Toutefois l'addition de diaphorase n'est nécessaire que lorsque la purification de l'extrait est poussée assez loin. Chaque cupule contient habituellement : tampon phosphaté 0,2 M : 0,4 ml, bleu de méthylène (0,5 %) : 0,4 ml, DPN à 30 % de pureté (0,125 °/₀) : 0,4 ml, extrait (0,9 mg d'azote par ml) : 0,6 ml. La fixation d'oxygène dans ces conditions est 40 μl dans les dix premières minutes, elle diminue ensuite régulièrement. La courbe ne demeure linéaire pendant 20 mn que si l'on ajoute de l'hydroxylamine pour fixer l'acétoïne formée. Le dosage du butanediol et de l'acétoïne ([3]) indique que 1 mol de butanediol est transformée en 1 mol d'acétoïne avec fixation de 1 atome d'oxygène.

2. *Influence du* pH. — La courbe en cloche obtenue présente un maximum à pH 8,4-8,5.

3. *Rôle du phosphate.* — L'activité demeure inchangée lorsque la concentration en phosphate varie de 0,05 M à $1 . 10^{-5}$ M.

4. *Pouvoir rotatoire de l'acétoïne formée.* — Par distillation directe $[\alpha]_D^{20} = +77°$ ($c = 0,046$ %); après concentration par formation de la combinaison bisulfitique $[\alpha]_D^{20} = +80°$ ($c = 0,76$ °/₀).

5. *Spécificité.* — L'activité observée pour différents substrats ajoutés à la concentration 0,1 M est : meso 2.3 butanediol : 100, *l* 2.3 butanediol : 100, mélange contenant 75 % de *d* et 25 % de *l* 2.3 butanediol : 100, 1.2 propanediol : 180, 1.3 butanediol : 8, acétoïne : 0, glycérol : 10, glycol : 0, éthanol : 0.

6. *Constante de Michaelis.* — Calculée par la méthode de Lineweawer et Burk ([4]), $K_s = 0,007$ (en molarité).

7. *Inhibition.* — Le taux d'inhibition déterminé par les corps suivants est : acétoïne (0,1 M) : 100 %, acide monobromacétique (0,05 M) : 95 %, fluorure de sodium (0,05 M) et arséniate de sodium (0,05 M) : 20 %, éthyluréthane (0,05 M) et arsénite de sodium (0,03 M) : 0. Le cyanure de potassium (0,02 M) double la valeur de l'activité.

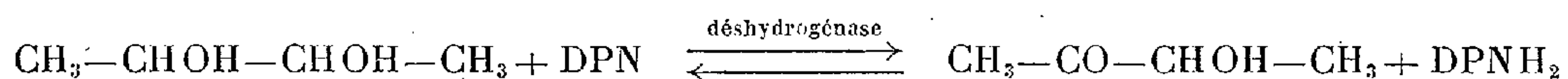
8. *Réversibilité.* — Dans un système comprenant le butanediol, l'enzyme et le DPN, on suit par spectrophotométrie à 340 mμ la formation du DPN réduit.

([3]) M. HOOREMAN, *Anal. Chem. Acta.*, 3, 1949, p. 606.

([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 658.

Lorsque l'équilibre est atteint on ajoute l'acétoïne, l'absorption diminue aussitôt très fortement par suite de l'oxydation du coenzyme réduit.

En résumé la réaction réalisée s'écrit :



$$CH_3-CHOH-CHOH-CH_3+DPN \overset{\text{déshydrogénase}}{\rightleftarrows} CH_3-CO-CHOH-CH_3+DPNH_2$$

Cette déshydrogénase, par ses propriétés, s'intègre donc parmi les déshydrogénases déjà connues dont le DPN est le coenzyme.

PATHOLOGIE. — *Sur un type de tumeur non provoquée expérimentalement et observée chez la Seiche.* Note de MM. **Antoine Jullien** et **André-Pierre Jullien**, présentée par M. Léon Binet.

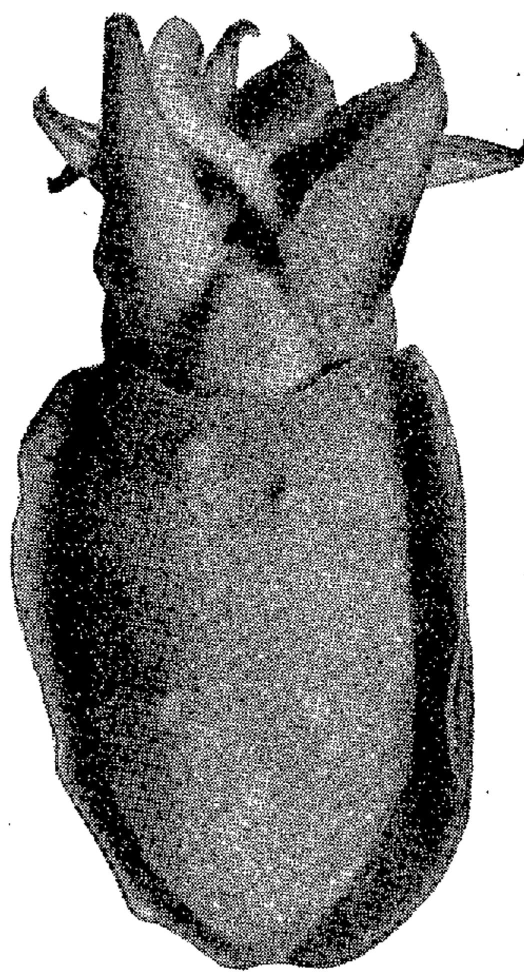
Les Seiches présentent exceptionnellement un exemple de tumeurs bénignes consistant en petites surélévations blanchâtres, dures, toujours localisées sur la paroi ventrale du sac viscéral; elles donnent lieu à une réaction leucocytaire faible; leur origine reste énigmatique.

Nous l'avons trouvé sur deux Seiches, récoltées dans la rade de Toulon; c'est, vraisemblablement, une forme nouvelle que l'un de nous, qui a observé des centaines d'exemplaires de cette espèce, n'a jamais rencontrée jusqu'ici. Macroscopiquement (*figure*) ces tumeurs consistent en petites surélévations hémisphériques, dures, non ulcérées, d'aspect blanchâtre et faisant saillie sur la paroi ventrale du sac viscéral; elles sont multiples : cinq sur l'un des exemplaires recueillis (*figure*), quatre sur l'autre, à peu près d'égale grosseur, de quelques millimètres de diamètre. Une dissection assez grossière ne révèle pas, à leur intérieur, la présence d'un corps étranger solide, mais d'un tissu dense, parcheminé qu'on ne peut dilacérer, au scalpel et à l'aiguille, que difficilement.

Les coupes pratiquées au niveau de ces néoformations montrent qu'elles résultent, principalement, d'un épaississement des deux tiers externes du derme; le tiers interne, séparé de la zone précédente par une couche musculaire amincie, n'est pas ou n'est que peu augmenté d'épaisseur.

Le tableau histologique offre les caractères suivants : dans la zone la plus épaisse de la tumeur, on n'observe pas de vaisseaux; la circulation paraît, là, très diminuée. A la périphérie, par contre, il existe de nombreux vaisseaux dilatés, dont la lumière est remplie de leucocytes à granulations éosinophiles. Ces éléments constituent des infiltrats assez nourris et s'étendant jusqu'à une certaine distance dans le derme normal avoisinant. Ces infiltrats sont orientés suivant deux directions préférentielles : sous la couche des iridocystes, pour la traînée leucocytaire externe qui s'amincit rapidement, puis s'arrête; autrement dit, le haut de la tumeur est dépourvu de leucocytes. La seconde infiltration occupe le socle tout entier de la lésion, elle intéresse le tiers interne du derme.

Dans ces deux infiltrats, les leucocytes que l'on peut suivre avec facilité, grâce à la présence, dans leur cytoplasma, de granulations d'un beau rouge (après coloration à l'hémalun-éosine) tendent à se disposer en assises parallèles contiguës, orientées suivant les couches conjonctives et ils montrent plusieurs des stades évolutifs que l'un de nous [1] a décrits antérieurement : allongement, disparition de l'encoche nucléaire, amorce d'une fusion et d'une disparition des granulations, sans qu'il y ait encore passage à l'élément fibroblaste agranuleux.



Paroi ventrale du sac viscéral d'une Seiche portant cinq tumeurs.
(Photo réduite d'un tiers.)

Dans tout l'espace tumoral, le tissu conjonctif a perdu sa stratification légèrement ondulée normale; il est compact, homogène, piqueté uniformément de fibroplastes qui tendent à prendre une forme moins allongée avec un noyau plus court et plus arrondi.

Le muscle du manteau, sous-jacent à la tumeur, semble au repos et non intéressé, même faiblement, par une migration leucocytaire.

Il semble qu'on ait affaire à une tumeur ayant terminé son évolution, stabilisée et dont le développement, probablement lent, n'a donné lieu qu'à une réaction leucocytaire insuffisante pour en assurer l'énucléation. Les causes de l'apparition de cette lésion nous échappent. Nous signalerons toutefois, qu'au centre de la tumeur, on observe de petits nodules, dont il

---

(1) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 526.

est impossible de déterminer strictement l'origine et la structure, mais qui tranchent nettement, par leur coloration rose foncé, sur le conjonctif beaucoup plus clair qui les entoure. On distingue, à leur intérieur, de petits amas de corpuscules tassés les uns contre les autres, sans noyaux apparents, et dont le cytoplasma montre, par endroits, quelques granulations. Mais s'il existe à ce niveau des granulocytes en voie de dégénérescence, ils ne constituent pas l'unique élément des nodules en question.

Au niveau des lésions, la disparition de l'épiderme et des chromatophores explique l'aspect blanchâtre des tumeurs.

A 15 h 40 mn l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Physique générale, par l'organe de M. **Jean Becquerel**, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Aimé Cotton* :

En première ligne	M. **Pierre Auger**
En seconde ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*	MM. **Eugène Darmois** **Francis Perrin**
En troisième ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*	MM. **Alfred Kastler** **René Lucas** **Marcel Pauthenier**.

A ces noms, l'Académie adjoint ceux de Mme **Irène Joliot-Curie** et de M. **Jean Lecomte**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 18 h 5 mn.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 NOVEMBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Augmentation remarquable par l'huile de la perméabilité du papier ordinaire à l'eau et aux solutions aqueuses.* Note de M. **Henri Devaux**.

La Note récente de M. Wladislas Kopaczewski (¹) étudie ce qui se passe quand du papier à filtrer, imbibé d'huile ou d'autres lipoïdes, est plongé dans une solution aqueuse. Elle montre que l'huile est déplacée par l'eau, formant peu à peu de fines gouttelettes, tandis que l'eau avec les substances qu'elle contient en solution monte dans les interstices du papier tout comme en l'absence d'un barrage lipidique. L'auteur en conclut qu'une couche de « matières grasses, cireuses ou résineuses ne constitue donc pas toujours un obstacle au passage des produits hydrosolubles, ce qui impose un changement dans nos conceptions concernant la perméabilité cellulaire et les divers phénomènes industriels : détersion, dégraissage, lubrification, etc. ».

Cette conclusion est exacte, mais elle ne fait que confirmer ce que j'ai établi, il y a 39 ans (²), d'une manière plus directe et plus frappante. L'ancienneté de mes recherches est sans doute la cause pour laquelle elles sont restées inconnues de M. Kopaczewski et, craignant qu'il en soit de même pour d'autres physiciens actuels, je crois devoir les rappeler et en souligner la portée.

Dès 1912 (³), j'ai conçu, et l'expérience m'a montré, que le papier à écrire ordinaire, qui est normalement mouillable mais non imbibable à l'eau ou à l'encre, subit un commencement manifeste d'imbibition dans tout endroit où il est taché par de l'huile. Si l'huile y est abondante, la pénétration est même une traversée et l'encre y fait une épaisse

---

(¹) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 956.
(²) *J. Phys. Rad.*, 5ᵉ série, 2, 1912, p. 891.
(³) *Actualités scientifiques*, 932, 1942, p. 28.

tache noire, visible au verso. Et dans le cas où la tache est légère, l'encrage se montrant encore très manifeste, il est certain que toute tache huileuse du papier, loin d'être une barrière pour l'eau, ouvre au contraire la porte à celle-ci, à travers le vernis imperméable dont on a collé les fibres du papier, sans doute en solubilisant ce vernis.

J'ai même pu mettre à profit cette propriété remarquable des huiles sur le papier pour réaliser de véritables empreintes des lames épaisses données par une goutte d'huile déposée sur l'eau ou sur le mercure et surprises en pleine évolution. Par encrage, ces lames ainsi collées au papier sont des sortes de négatifs qu'on transforme, sur papier sensible, en positifs avec une précision telle qu'on les prendrait pour des photographies. Ce ne sont, en réalité, que des pseudophotographies et ce sont là les seules images que j'ai publiées dans mes Mémoires et mes Notes diverses depuis cette date de 1912.

Les expériences de Wladislas Kopaczewski ont toutefois une valeur positive que je tiens à signaler. Si elles montrent que l'imbibition du papier à filtre n'est nullement entravée par l'huile, ce qui n'a rien de surprenant depuis mes propres recherches, elles établissent que cela a lieu parce que l'eau a plus d'affinité pour le papier que l'huile elle-même, car elle chasse l'huile devant elle en la repoussant vers le haut ou la forçant à se rassembler en gouttelettes (1). Ces expériences montrent de plus que cette propriété n'est pas générale (je l'avais aussi constaté), certaines substances entravent au contraire l'imbibition par l'eau et cela à des degrés variés, ce qui entraîne des conséquences théoriques et pratiques.

Nous avons donc deux méthodes d'essai des variations de la perméabilité du papier à l'égard de l'eau, occasionnées par l'imprégnation préalable des substances huileuses ou autres :

1° une méthode applicable au papier à écrire, montrant nettement le commencement de la *pénétrabilité transverse* de ce papier, pouvant aller jusqu'à la traversée complète;

2° une méthode applicable au papier filtre, montrant qu'une couche huileuse fixée au papier, étant rompue par l'eau, n'empêche nullement une circulation des solutions aqueuses *dans le sens tangentiel* de ce corps poreux.

J'ai continué les expériences sur ce sujet et j'ai pu démontrer que, sous l'influence de l'huile et de certaines vapeurs, la perméabilité du papier ordinaire peut être tellement rétablie que ce papier devient tout à fait semblable à du papier à filtrer. C'est ce que j'espère faire connaître dans une prochaine publication.

---

(1) J'ai reconnu le fait pour le verre mouillé d'huile et trempé dans l'eau (*Actualités scientifiques, loc. cit.*, p. 57).

PHYSIOLOGIE. — *Sur les manifestations respiratoires et circulatoires de l'urémie aiguë*. Note (*) de MM. **Léon Binet**, **Pierre Tanret** et Mlle **Madeleine Bochet**.

Nous avons constaté chez l'Homme l'existence d'une hyperventilation au cours de l'insuffisance rénale aiguë dans deux circonstances :

D'une part, durant les premiers jours de la maladie oligoanurique. Cette hyperventilation est contemporaine de la phase d'agression toxique ou infectieuse, et peut dépendre, en partie, de facteurs contingents : fièvre d'un syndrome infectieux, anémie aiguë d'un syndrome hémolytique. Puis le débit respiratoire diminue et passe par des valeurs inférieures à la normale (1).

D'autre part, plus tardivement, après le septième ou huitième jour d'une forme grave de la maladie. Tantôt c'est un redoublement de l'hyperventilation initiale; tantôt cette hyperventilation se développe secondairement, d'abord par paroxysmes, puis de façon continue (2). La ventilation peut se trouver doublée ou triplée par rapport à la normale. Cette augmentation du débit respiratoire est due, moins à l'accélération du rythme qu'à l'amplitude anormale des mouvements respiratoires. En même temps le malade éprouve de l'angoisse, des tintements d'oreille, de l'obnubilation intellectuelle. S'il est dans le coma, celui-ci s'approfondit. Signe précoce, les tensions artérielles, surtout la maxima, mais aussi la minima, s'élèvent de quelques centimètres de Hg. Puis, un collapsus circulatoire progressif s'installe; enfin, la respiration qui reste ample se ralentit et la mort survient par syncope, le plus souvent de type respiratoire. Cette évolution s'accompagne d'une chute progressive de la réserve alcaline qui peut tomber en dessous de 20 volumes. Par contre, le pH plasmatique reste longtemps normal ou subnormal. Le taux de CO_2 dans l'air expiré diminue. Il y a tendance à l'acapnie. L'abaissement du pH n'est, en général, observé qu'à la période terminale.

Il est des cas où l'hyperventilation reste discrète et où la mort succède à un collapsus circulatoire rapide.

Nos recherches expérimentales sur le Chien chloralosé ont pour but d'établir un rapport entre l'ascension rapide et préalable du taux de l'azotémie et l'éclosion secondaire de ces accidents.

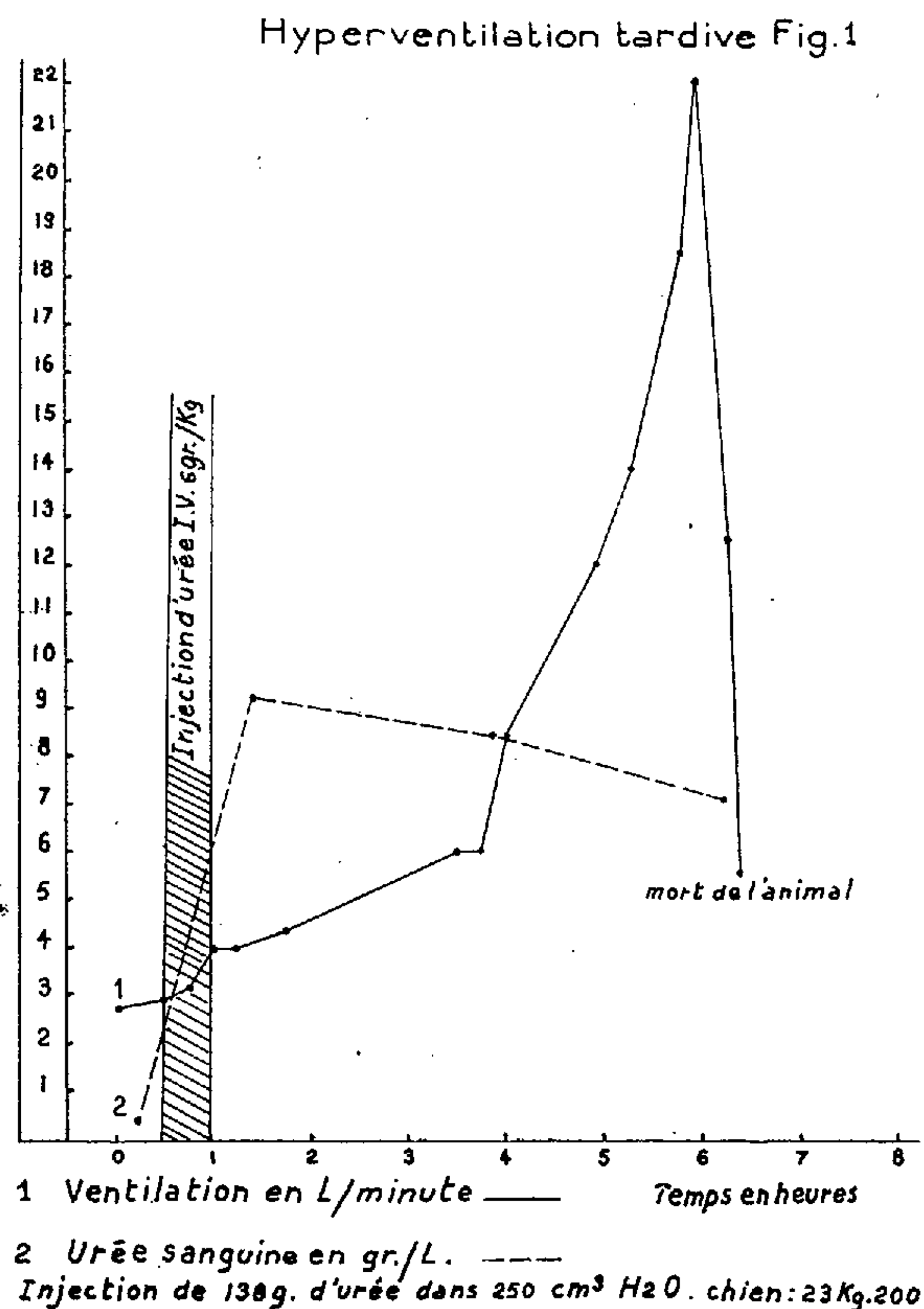
1. *L'injection* intraveineuse, en une heure, d'une dose d'urée égale

(*) Séance du 19 novembre 1951.

(1) L. Binet, P. Tanret, M. Bochet, Cl. Betourné et G. Barrès, *Bull. Mém. Soc. Méd. Hôp.*, Paris, 1951, p. 530.

(2) P. Tanret, *Semaine des Hôpitaux*, 25, 1945, p. 2613-2620.

à 6 g : kg de poids corporel, provoque souvent une légère augmentation du débit respiratoire. Puis tantôt celle-ci va en s'accentuant dans les heures qui suivent pour atteindre trois à cinq fois la valeur du débit initial, tantôt elle est transitoire, et c'est tardivement plusieurs heures

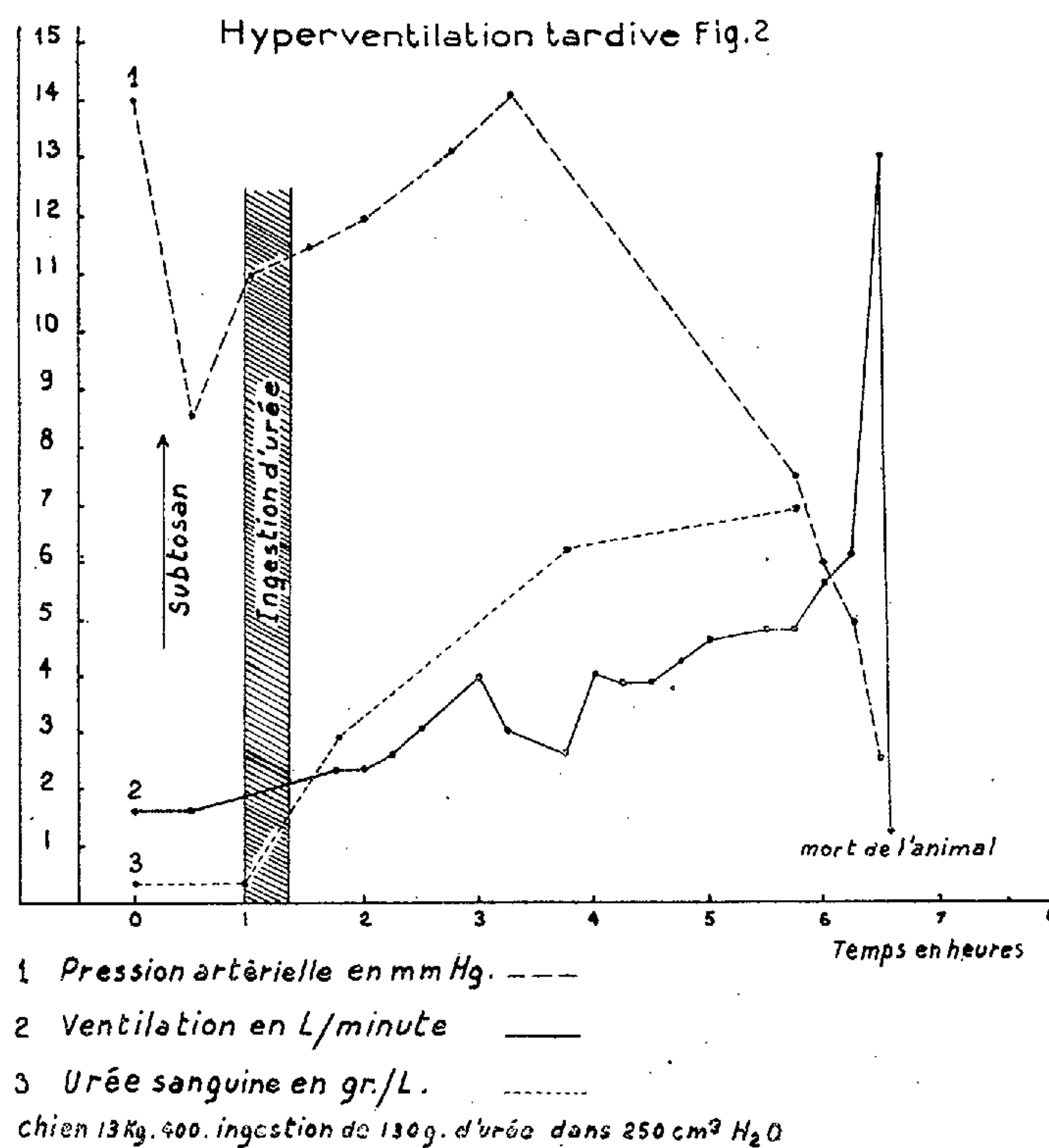


après l'injection que l'on voit survenir une brusque hyperventilation, qui peut décupler le débit respiratoire. Des types intermédiaires peuvent s'observer. D'autre part, avant que la ventilation n'ait atteint son maximum, on voit la tension artérielle fléchir. Un collapsus progressif se développe et la tension artérielle est déjà très basse lorsque la respiration se ralentit et que le débit respiratoire diminue. Ces derniers signes précèdent de peu la mort.

Parfois l'hyperventilation n'est qu'ébauchée et c'est de collapsus que meurt l'animal. La mort ne s'observe d'ailleurs que dans la moitié des cas; les sujets dont les reins éliminent beaucoup d'urée sont les plus résistants.

Ces injections de fortes doses d'urée provoquent toujours une hémolyse importante. Le rôle de ce phénomène est éliminé dans les expériences suivantes où l'hémolyse fait défaut, ou reste très légère.

2. *L'administration par voie gastrique* d'urée, à la dose de 10 g : kg, chez le Chien dont les uretères ont été liés, amène à peu près constamment la mort en moins de 10 h. On assiste d'abord souvent à une augmentation discrète de la ventilation, qui tantôt va en s'intensifiant ensuite progressivement, ou qui tantôt, après être restée stationnaire, s'amplifie tardivement et brusquement pour atteindre une valeur cinq à huit fois



plus forte qu'au début de l'expérience sans que l'animal ne donne de signes de réveil. Avant que la ventilation n'ait atteint son maximum, la tension artérielle commence à fléchir et cette tension est déjà très basse lorsque, enfin, la respiration se ralentit, ce qui précède de peu la mort. Celle-ci est souvent presque subite. Il est des cas où l'hyperventilation reste discrète et où le collapsus circulatoire est le fait dominant.

Au cours de ces deux séries d'expériences, si comparables quant à leurs résultats, l'hyperventilation s'accompagne d'une chute de la réserve alcaline qui peut tomber en dessous de 10 volumes. Le pH reste longtemps normal et ne fléchit inconstamment qu'à la période finale. Dans l'air expiré, la concentration en CO_2 diminue progressivement.

Il existe donc des similitudes entre les observations cliniques et expérimentales. Les graves perturbations respiratoires et circulatoires, dans les

unes et les autres, ne suivent pas immédiatement la plus rapide ascension de l'azotémie, comme s'il fallait souvent un certain temps de latence pour qu'elles apparaissent. Sans dépendre d'un taux fixe de l'urée sanguine, elles présentent des analogies dans leur aspect, leur évolution, leur association. Si le mécanisme qui relie l'ascension préalable du taux de l'urée dans l'organisme à l'éclosion de ces accidents n'est pas encore élucidé, les arguments que nous apportons semblent établir leur rapport.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les singularités du régime transsonique et le problème du profil de résistance minima aux vitesses supersoniques.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

Comparaison de la théorie de l'auteur de la résistance des fluides compressibles aux vitesses balistiques à la théorie d'Ackeret conduisant à une résistance infiniment grande dans le domaine sonique. Démonstration de la proposition que le profil de résistance minima est limité par deux arcs de cercle. Confrontation de ce résultat avec les expériences de Th. Theodorsen et A. Regier.

1. En 1916, j'ai développé une théorie de la résistance des fluides compressibles, que j'ai rappelée récemment ([1]), basée sur le postulat que le principe de l'égalité de l'action et la réaction permet d'établir un rapport étroit entre la théorie de la réaction d'un jet gazeux, issu d'un récipient, et celle de la résistance des fluides compressibles. J'ai pu démontrer ainsi, en appliquant l'hypothèse des tranches parallèles, que cette réaction, rapportée à la quantité de mouvement d'un jet gazeux fictif, de section S, ne subissant aucune contraction, est égale au *coefficient de contraction effective* S_m/S du jet et que le tracé de la courbe $S_m/S = f(M)$, où M est le nombre de Mach correspondant à la détente progressive complète du gaz, rappelle effectivement la courbe de Siacci ([2]) de la résistance des projectiles [*voir*, par exemple, les figures 154 et 159 de mon travail *Thirty Years of Theoretical and Experimental Research in Fluid Mechanics* ([3])]. Dans un travail plus récent ([4]), j'ai constaté que, dans certains cas et d'une façon approximative, on peut passer de la courbe de résistance $C_D = \Phi(M)$ d'un corps de révolution, dont l'axe coïncide avec sa vitesse, à la courbe correspondante d'un cylindre de même section droite, en posant $C_D = a\Phi(bM)$, où les paramètres a et b sont > 1.

2. On est redevable à J. Ackeret ([5]) d'avoir attiré l'attention sur une singularité remarquable, semblant justifier la légende du *mur sonique*, notamment

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1049.
([2]) *Encyclopédie des sciences mathématiques*, **4**, vol. 6, p. 17.
([3]) *J. Royal Aeron. Soc.*, **39**, London, 1935, p. 399-403.
([4]) *Reissner Anniversary Volume*, Ann Arbor, Michigan, 1949, p. 86.
([5]) *Helvetia Physica Acta*, **1**, (5), 1928, p. 301-322.

que la théorie de la résistance des fluides compressibles conduit, *en première approximation*, à une résistance infiniment grande lorsque le nombre de Mach $M = 1$. G. I. Taylor [6] et Th. Theodorsen-A. Regier [7] ont constaté que la théorie d'Ackeret est conforme à l'expérience pour les valeurs de $M > 1,5$.

Nous discuterons cette singularité en appliquant un raisonnement permettant de mettre en évidence que la solution d'Ackeret est une solution particulière exceptionnelle et qu'il en existe une autre, également de première approximation, exempte de la singularité susdite.

Considérons les mouvements plans presque uniformes subsoniques et supersoniques définis respectivement par les équations (1) et (2) :

$$(1) \quad \frac{\partial\theta}{\partial\varphi_1} = \frac{\partial a\varepsilon}{\partial a\psi_1}, \qquad \frac{\partial\theta}{\partial a\psi_1} = -\frac{\partial a\varepsilon}{\partial\varphi_1}, \qquad \theta + ia\varepsilon = f_1(\varphi_1 + ia\psi_1), \qquad i^2 = -1,$$

$$(2) \quad \frac{\partial\theta}{\partial\varphi_1} = \frac{\partial a\varepsilon}{\partial a\psi_1}, \qquad \frac{\partial\theta}{\partial a\psi_1} = \frac{\partial a\varepsilon}{\partial\varphi_1}, \qquad \theta + ja\varepsilon = f_2(\varphi_1 + ja\psi_1), \qquad j^2 = +1,$$

$$(3) \quad a^2 = |M^2 - 1|, \qquad \varphi_1 = \frac{\varphi}{hq_1}, \qquad \psi_1 = \frac{\psi}{hq_1}, \qquad \varepsilon = \frac{q - q_1}{q_1}, \qquad p = p_1 - \rho_1 q_0^2 \varepsilon.$$

Dans ces équations, φ et ψ sont le potentiel des vitesses et la fonction de courant, q_1, la vitesse relative en un point où la pression est p_1 et la densité ρ_1 et p, ρ, q la pression, densité et vitesse en un point quelconque. L'angle θ formé par les vecteurs $\vec{q}$ et $\vec{q}_1$ et l'écart relatif ε de la vitesse sont supposés suffisamment petits pour qu'on puisse négliger leur carré. Les équations (1) sont équivalentes à celles de Tchaplyguine [8], sauf que j'ai pris comme densité de référence ρ_1 au lieu de la densité ρ_0 en un point de vitesse nulle. Dans les équations (2), que j'ai démontrées antérieurement [8], les deux familles de courbes $\theta = \text{const.}$, $a\varepsilon = \text{const.}$, forment dans le plan des variables φ_1, $a\psi_1$ un réseau *hyperboliquement orthogonal.*

Les fonctions f_1, f_2 pouvant être choisies arbitrairement, nous pouvons les prendre respectivement sous la forme

$$(4) \qquad \theta + ia\varepsilon = f_1(\varphi_1 + ia\psi_1) = A_1(1 - iC_1)(f_{11} + if_{12}),$$

$$(5) \qquad \theta + ja\varepsilon = f_2(\varphi_1 + ja\psi_1) = A_2(1 - jC_2)(f_{21} + jf_{22}),$$

où A_1, C_1, A_2, C_2 sont des constantes réelles et f_{11}, f_{12}, f_{21}, f_{22} des fonctions de φ_1 et $a\psi_1$. Notons que f_{12} et f_{22} sont nécessairement des fonctions impaires de $a\psi_1$ qui, par conséquent, s'annulent en même temps que ψ_1. En égalant dans (4) et (5) les parties réelles et les coefficients de i et j, il vient

$$(6) \qquad \theta = A_1(f_{11} + C_1 f_{12}), \qquad a\varepsilon = A_1(-C_1 f_{11} + f_{12}), \qquad M < 1,$$

$$(7) \qquad \theta = A_2(f_{21} - C_2 f_{22}), \qquad a\varepsilon = A_2(-C_2 f_{21} + f_{22}), \qquad M > 1.$$

---

(6) *R. a. M.*, nº 1467, British N. R. C., 1932.

(7) *National Adv. Comm. f. Aeronautics*, Rep. 793, Washington, 1944, p. 11-13.

(8) D. Riabouchinsky, *Publ. Sc. et Techn. du Ministère de l'Air*, 108, 1937, p. 12, 42 et 85.

Supposons que (4) et (5) déterminent le mouvement d'un fluide compressible autour d'un corps P limité par un contour Σ symétrique par rapport à l'axe Ox et la vitesse q_1. Sur le contour Σ, on peut poser $\psi_1 = 0$ et, par conséquent, $f_{12} = 0$, $f_{22} = 0$. Dans les mouvements subsoniques d'un fluide *parfait*, en l'absence d'une formation d'ondes, la résistance exercée sur le corps ne peut qu'être nulle et, par conséquent, ε doit pouvoir être exprimé comme fonction paire de φ, et ne dépendre que de la valeur absolue de θ. Notons aussi que, vu la petitesse de θ, on peut poser $\theta \doteq \mathrm{tg}\,\theta = dy/dx$. Il résulte de ces remarques et des équations (6) et (7) que

$$\varepsilon = \frac{p - p_1}{\rho_1 q_1^2} = -\frac{C_1}{a}\left|\frac{dy}{dx}\right|, \qquad M < 1; \qquad \varepsilon = \frac{p - p_1}{\rho_1 q_1^2} = -\frac{C_2}{a}\frac{dy}{dx}, \qquad M > 1,$$

La résistance ondulatoire R_D sera nulle si $M < 1$ et doit être calculée, si $M > 1$, d'après l'équation

$$(8) \qquad R_D = \int_{-l}^{l} 2(p - p_1)\frac{dy}{dx}\,dx = 2\rho_1 q_1^2 \frac{C_2}{a}\int_{-l}^{l}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx, \qquad V_0 = \int_{-l}^{l} y\,dx.$$

La première des équations (8) ne diffère de l'équation d'Ackeret que par la présence du paramètre $C_2 \neq 1$, et il suffit de poser $C_2 = a f(a)$, où $f(0) \neq \infty$, pour éliminer la singularité qu'il a signalée Au point $M = 1$, la courbe des résistances peut subir une discontinuité, mais ne devient pas infinie. Dans les fluides réels, les frottements et l'apparition sur Σ de vitesses supersoniques locales, détermineront au voisinage du point $M = 1$ un accroissement plus ou moins rapide de la résistance, mais non pas discontinu ([9]).

3. En admettant que C_2/a n'est fonction que de M, appliquons les équations (8) à la définition du profil du corps cylindrique de résistance minima pour une valeur donnée V_0 de l'aire du profil. Le problème est ainsi ramené à la recherche de la valeur minima de l'intégrale

$$I = \int_{-l_2}^{l_2} f(x, y, y')\,dx = \int_{-l_1}^{l_1}\left[\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 + \lambda y\right]dx,$$

où λ est un paramètre et la fonction extrémale $y = f(x)$ doit satisfaire aux conditions $f(l_1) = 0$, $f(-l_1) = 0$. En appliquant la formule d'Euler, et en désignant $2l_2$ la section médiane du profil, on obtient comme équation du profil du cylindre de résistance minima et comme coefficient unitaire de sa résistance ondulatoire respectivement

$$(9) \qquad \frac{y}{l_2} = \pm\left(1 - \frac{x^2}{l_1^2}\right), \qquad C_D = \frac{R_D}{\frac{1}{2}\rho q_1^2 (2l_2)} = \frac{16}{3}\frac{l_2}{l_1}\frac{C_2}{a}.$$

([9]) *Bull. de l'Inst. Aérod. de Koutchino*, 6, Paris, 1920, p. 40-45; *Mémorial de l'Artillerie française*, 2, 1923, p. 710.

La première des équations (9) fait voir que ce profil est limité par deux arcs de paraboles symétriques par rapport aux axes de coordonnées et, comme le rapport $l_2 : l_1$ est très petit, en raison de la condition que le mouvement est presque uniforme, on peut aussi dire que le profil de résistance ondulatoire minime est limité par deux arcs de cercles ([8]).



Ce résultat est pleinement confirmé par les expériences de Theodorsen et Rigier, qui ont mesuré le couple résistant d'*hélices* à pas nul, dont les profils sont indiqués dans la figure ci-dessus. Le couple maximum du profil 1 étant pris comme unité, ceux des profils 2 et 3 sont respectivement 1,32 et 1,57. En posant dans la deuxième des équations (9), $16 l_2 = 3 l_1$, on constate que la fonction C_2/a se confond avec la fonction $\Phi(M)$ mentionnée plus haut dans la section ([1]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *La stéréoisomérie cyclohexanique reste une fois encore compatible avec une représentation plane de ce cycle.* Note (*) de MM. **Raymond Cornubert** et **Claude Kaziz.**

Un éventuel stéréoisomère surnuméraire n'est qu'une forme cristalline.

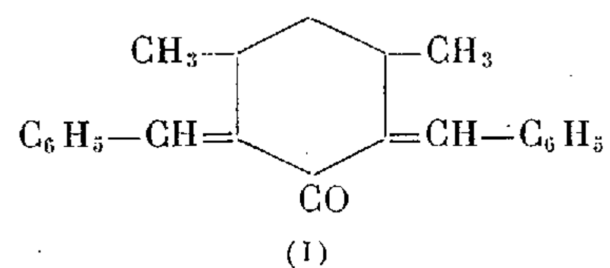
Dans une précédente Note ([1]) l'un de nous et M. René André ont annoncé que la réduction au nickel de Raney des combinaisons dibenzylidéniques (I), F 94°, 110° et 124° de la cétone (II) sous sa forme *cis*, conduit aux cétones (III) dont ils ont isolé quatre formes, les corps, F 66,75° (d'oxime F 138°) et 107° étant des cétones, le corps, F 90° paraissant seulement être une cétone. Ils se sont naturellement demandé si la substance de formule (III) connaissait un stéréoisomère surnuméraire et cette substance n'aurait alors plus obéi aux prévisions déduites de la représentation plane du noyau cyclohexanique. Nous allons décrire ici les expériences que nous avons réalisées à ce sujet.

L'hydrogénation des trois combinaisons dibenzylidéniques (I) au nickel de Raney à froid conduit aux cétones, F 66,79° (précédemment F 75°) et 107° sans trace du corps, F 90°, mais à côté d'huiles et de mélanges de cristaux à bas point de fusion. L'oximation de ces huiles et de ces mélanges permet d'obtenir l'oxime, F 138° (les autres isomères ne donnent pas d'oxime) et de cette dernière

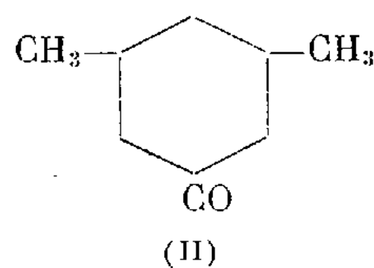
(*) Séance du 12 novembre 1951.

([1]) R. Cornubert et R. André, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 397.

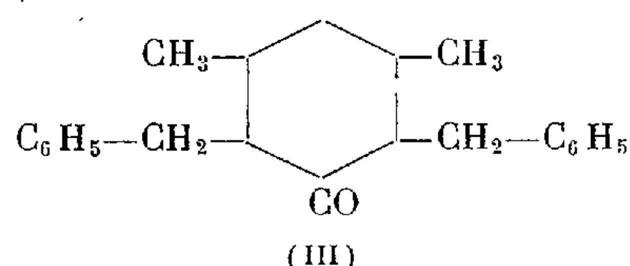
on parvient à la cétone, F 79° pure. De ces trois cétones seul le corps, F 107° se transpose pour 20 % en la cétone, F 79° sous l'influence des réactifs habituels (acide chlorhydrique, éthylate de sodium, soude), mais en faisant appel à une concentration de réactif supérieure à celle employée précédemment.



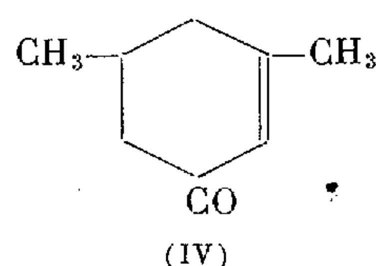
(I)



(II)



(III)



(IV)

La cétone, F 107°, par le nickel de Raney C 20.1 [2] à 65-70° a conduit à l'alcool, F 87° (de dinitrobenzoate F 151°) dont l'oxydation chromique a redonné la cétone, F 107°, mais dans un deuxième essai, le même type de catalyseur a fait isoler les alcools, F 88° (de dinitrobenzoate, F 154°) dont l'oxydation chromique a conduit à la cétone, F 79°, à côté d'un alcool, F 101° (ne donnant pas de dinitrobenzoate) et qui n'a pu être soumis à réoxydation par manque de matière première; les huiles résiduaires ont engendré un mélange des cétones, F 79° et 107°. L'isopropylate d'aluminium a converti la cétone, F 107° en l'alcool, F 87° tandis que le sodium et l'alcool absolu ont fourni l'alcool, F 88° à côté d'huiles dont l'oxydation a donné un mélange des cétones, F 79 et 107°. Il y a donc transposition partielle ou totale de la cétone, F 107° en la cétone, F 79° au cours de ces réductions.

La cétone, F 79°, réduite par le nickel de Raney C 20.1 à 65-70°, ainsi que par l'isopropylate d'aluminium, donne d'ailleurs un mélange des précédents alcools, F 88° et 101°; par le sodium et l'alcool absolu elle fournit également l'alcool, F 88° à côté d'huiles. Enfin cette cétone F 79°, par les précédents réactifs transposants, se convertit très difficilement en une petite quantité d'un isomère qui pourrait être l'isomère, F 107°.

Quant à la cétone, F 66°, sa réduction par le sodium et l'alcool absolu ou l'éther humide, donne une huile dont l'oxydation n'engendre que la cétone initiale. Par contre la réduction par le nickel de Raney C 20.1 à 65-70° ou par l'isopropylate d'aluminium fournit un mélange, F 52-57° à côté d'huiles; ce mélange et ces huiles, sont constitués par un alcool, F 67-68° (de dinitrobenzoate, F 130°), et par un alcool, F 83,5-84°,5 (qui ne donne pas de dinitroben-

---

(2) Catalyseur issu de l'alliage AN 20 (à 20 % de nickel) lavé une fois à l'eau.

zoate). Par réoxydation, le mélange, F 52-57° engendre de 15 à 25 % de cétone, F 86-87° à côté de la cétone, F 66°; de plus l'alcool, F 67-68°, par oxydation, conduit à une cétone, F 86-87° (Rdt 70 %) à côté de la cétone, F 66°, la cétone, F 86-87° étant identique à la cétone, F 90° précédemment citée. Les huiles formées à côté de ce mélange d'alcools, F 52-57° contiennent également l'alcool, F 67-68°; leur oxydation chromique fournit un mélange des cétones, F 86-87 et 66°.

Cette cétone, F 86-87° se transpose totalement en la cétone, F 66° sous l'influence de l'éthylate de sodium à froid. Par l'isopropylate d'aluminium elle est convertie en un mélange d'alcools, F 57-61° contenant l'alcool, F 67-68°, mélange de même type que le précédent mélange, F 52-57° provenant de la cétone, F 66°. L'oxydation chromique de ce mélange, F 57-61° engendre un mélange des cétones, F 86-87° (Rdt 65 %) et F 66° (il se forme aussi des huiles). De plus le mélange des substances, F 66 et 86-87° ne connaît pas d'abaissement de point du fusion, alors que les diverses cétones mélangées deux à deux, voient au contraire leur point de fusion s'abaisser par épreuve de mélange. Enfin la cétone, F 66° n'est pas un mélange des cétones, F 86-87° et 79° pas plus qu'un mélange des cétones, F 86-87 et 107°.

Il résulte de ce qui précède que la cétone, F 86-87° (ex.-90°) est une forme cristalline de la cétone, F 66° et il n'existe que trois stéréoisomères de la cétone III (*cis* quant aux groupes méthyle), conformément à ce qu'on peut attendre de la représentation plane du noyau cyclohexanique. Nous considérons par suite actuellement que cette cétone, F 86-87° n'est pas un stéréoisomère individualisé, car la cétone, F 66° est rigoureusement intransposable et tout spécialement n'est pas transposable en la cétone, F 86-87° par l'éthylate de sodium. Elle ne peut donc *a priori* se transposer sous l'influence de l'isopropylate d'aluminium.

De plus, dans une autre Note (3), il a été indiqué qu'il n'avait jamais été possible d'isoler autre chose que la forme *cis* de la cétone II. De nouveaux essais ont été entrepris depuis cette date, et il ne nous a encore pas été possible de soupçonner l'existence de la cétone II *trans*. Ces nouvelles techniques ont consisté : 1° dans la réduction catalytique de la cyclohexénone IV par le nickel de Raney sous pression et à haute température; 2° dans la réduction électrolytique de la liaison double de cette cétone IV; 3° en la transformation de la cyclohexénone IV en les cyclohexénols correspondants qui ont été réduits en cyclohexanols qui furent oxydés en la cyclohexanone II. Dans tous ces essais nous n'avons rencontré que la forme *cis* de la cétone II.

---

(3) R. CORNUBERT, R. ANDRÉ et P. HARTMANN, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1505.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Physique générale, en remplacement de M. *Aimé Cotton*, décédé.

Le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour.	2e tour.	3e tour.
Nombre de votants	70.	69.	69.
	Nombre de suffrages		
M. Eugène Darmois	22	30	34
M. Francis Perrin	22	31	31
Mme Irène Joliot-Curie	14	7	4
M. Jean Lecomte	5	–	–
M. Pierre Vernotte	4	–	–
M. Pierre Auger	2	–	–
M. Alfred Kastler	1	–	–
M. René Lucas	–	1	–

Aucun candidat n'ayant obtenu la majorité absolue, il est procédé, conformément au règlement, entre les deux candidats qui n'en ont point deux autres supérieurs en suffrages, MM. Eugène Darmois et Francis Perrin, au scrutin de ballottage qui donne les résultats suivants, le nombre des votants étant 70 :

	Nombre de suffrages
M. Eugène Darmois	37
M. Francis Perrin	31
Bulletins blancs	2

M. **Eugène Darmois** ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

PLIS CACHETÉS.

M. **F. Péronnie** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 21 mai 1951 et enregistré sous le n° 12.835.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Explication de la différence entre le jour sidéral et le jour solaire.*

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *The Oranur Experiment. First Report* (1947-1951), by Wilhelm Reich.

2° Rafael Rucki. *Zasady i metoda projektowania mechanizacji budowy* (*Principes et méthode de mécanisation du chantier*).

3° Aleksander Dyzewski. *Doktryna pracy rownomiernej w realizacji budowlanej.*

4° *Journal of the Osaka Institute of science and technology* (Kinki University). Vol. 1, n[os] 1, 2; Vol. 2, n[os] 1, 2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Automorphismes des variétés fibrées analytiques complexes.* Note (*) de M. **André Blanchard**, présentée par M. Jacques Hadamard.

S. Bochner et D. Montgomery ont montré que le groupe des automorphismes d'une variété analytique complexe compacte est un groupe de Lie [1]. L'objet de cette Note est d'étudier ce groupe dans le cas où la variété possède une structure de variété fibrée analytique complexe.

1. *Espace fibré analytique complexe.* — E, B et F étant des variétés analytiques complexes, E est un espace fibré analytique complexe de base B, de fibre F s'il y a une application p de E sur B, un recouvrement par des ouverts U_i de B, et des isomorphismes analytiques complexes φ_i de $p^{-1}(U_i)$ sur $U_i \times F$ tel que $\varphi_j.\varphi_i^{-1}$ soit un automorphisme analytique de $(U_i \cap U_j) \times F$, de la forme $(u, f) \to (u, \varphi_{ij}(u, f))$.

2. *Automorphismes d'un espace fibré analytique complexe compact.* — On peut supposer les U_i assez petits pour être isomorphes à des domaines bornés de C^n; d'autre part, il existe un recouvrement par des ouverts V_i tels que $\overline{V}_i \subset U_i$. On sait que l'ensemble des automorphismes s de E tels que $s(p^{-1}(V_i)) \subset p^{-1}(U_i)$ forme un voisinage de l'identité dans le groupe A(E) des automorphismes analytiques de E. Soit s un tel automorphisme et F une fibre quelconque de E; $p(F)$ appartient à une carte V_i, d'où $p(s(F)) \subset U_i$, mais F étant compacte et U_i un domaine borné de C^n, l'image $p(s(F))$ est réduite à un point, c'est-à-dire que $s(F)$ est une fibre de E. Les automorphismes assez voisins

(*) Séance du 19 novembre 1951.

(1) S. Bochner et D. Montgomery, *Ann. math.*, 47, 1946, p. 639-653. *Voir* aussi : H. Cartan, *Act. Scient. et Ind.*, 198, Paris, 1935.

de l'identité respectent donc la structure d'espace fibré analytique complexe. Ceci s'étend à la composante connexe de l'identité $A^0(E)$. D'où :

THÉORÈME 1. — *Si* E *est un espace fibré analytique complexe compact, les automorphismes appartenant à la composante connexe de l'identité dans le groupe des automorphismes de la structure analytique complexe de* E *respectent la structure d'espace fibré analytique complexe de* E. *D'où un homomorphisme canonique* : $A^0(E) \to A^0(B)$.

Application au cas d'un produit. — Le produit $B \times F$ étant considéré comme fibré de deux manières évidentes, on voit que l'on a un *isomorphisme* canonique de $A^0(B \times F)$ *sur* $A^0(B) \times A^0(F)$.

3. *Espaces fibrés principaux.* — E est un espace fibré principal si la fibre est un groupe G et si les $\varphi_j . \varphi_i^{-1}$ sont de la forme $(u, g) \to (u, \varphi_{ij}(u).g)$; G opère à droite dans E.

Si l'on suppose E compact, G est nécessairement un tore T, quotient de C^n par un groupe g discret à $2n$ générateurs. Soit U_i une carte locale de B, identifions $p^{-1}(U_i)$ à $U_i \times T$. Ceci définit une application des fibres $p^{-1}(u)$ sur T pour tout u de U_i. Si $u_0 \in U_i$, et si s est un automorphisme de E qu'on peut joindre à l'identité dans A(E) par des s_t tels que $s_t(u_0) \in U_i$, s définit dans la fibre type T un automorphisme de la structure analytique de T appartenant à $A^0(T)$; c'est donc une translation de T. D'où :

THÉORÈME 2. — *Si* E *est un espace fibré-analytique complexe principal compact, de base* B, *de fibre un tore complexe* T, *les automorphismes analytiques de* E *appartenant à la composante connexe de l'identité respectent la structure d'espace fibré principal de* E.

4. *Noyau de l'homomorphisme* $A^0(E) \to A^0(B)$ (²). — L'hypothèse est la même que dans le théorème 2. Soit s un automorphisme de E dont l'image est l'automorphisme identique de B; s est dans chaque fibre une translation fonction analytique de la projection de la fibre. Le noyau cherché N est donc isomorphe au groupe des applications analytiques de B dans T; les applications constantes forment un sous-groupe de N isormorphe à T, qu'on peut désigner aussi par T. Le groupe N/T est discret. En effet l'application $B \to T$ induit un homomorphisme h du groupe de Poincaré de B dans Z^{2n}, les applications telles que $h = 0$ se remontent dans C^n, donc sont constantes B étant compact. En particulier ce sera le cas si le premier nombre de Betti de B est nul.

THÉORÈME 3. — *Dans les hypothèses du théorème* 2, *le noyau de l'homomorphisme* $A^0(E) \to A^0(B)$ *est une extension de* T *par un groupe discret; ce dernier est réduit à un élément si le premier nombre de Betti de* B *est nul.*

(²) Un résultat sur l'image de cet homomorphisme sera donné dans une Note ultérieure.

Applications. — Une variété de Hopf (³) est une variété quotient de $C^n - (O)$ par le groupe G_λ des homothéties de la forme $\exp 2\pi i N\lambda$, où λ n'est pas réel. (N entier quelconque.) Le groupe C^*/G_λ (où C^* désigne le groupe des homothéties de rapport $\neq 0$) opère dans cette variété $H_{n,\lambda}$ et y définit une structure d'espace fibré-analytique principal; la fibre est le tore T de périodes $2\pi i$ et $2\pi i\lambda$, et la base est l'espace projectif complexe $P_{n-1}(C)$. Le groupe $GLn(C)/G_\lambda$, où $GLn(C)$ désigne le groupe linéaire complexe à n variables, est un groupe d'automorphismes de $H_{n,\lambda}$, ce groupe est une extension du tore complexe C^*/G_λ par le groupe $GLn(C)/C^*$, or, ce dernier est justement $A^0(P_n(C))$; le groupe $GLn(C)/G_\lambda$ est donc isomorphe à $A^0(H_{n,\lambda})$.

Une variété d'Eckmann (⁴) peut se définir ainsi : dans le produit $H_{m,\lambda} \times H_{n,1/\lambda}$ faisons opérer le tore complexe de périodes $2\pi i$ et $2\pi i\lambda$ par l'opération $\exp t$ dans $H_{m,\lambda}$ et $\exp t/\lambda$ dans $H_{n,1/\lambda}$; cette opération définit une nouvelle structure fibrée dans $H_{m,\lambda} \times H_{n,1/\lambda}$ et la base de cette fibration est la variété d'Eckmann $E_{m,n,\lambda}$ homéomorphe à $S_{2m-1} \times S_{2n-1}$. La variété $E_{m,n,\lambda}$ est fibrée-analytique de fibre T et de base $P_{m-1}(C) \times P_{n-1}(C)$. Le théorème 2 donne $A^0(P_{m-1}(C) \times P_{n-1}(C))$, et le même raisonnement que plus haut montre que $A^0(E_{m,n,\lambda})$ est isomorphe à $GLm(C) \times GLn(C)/g$, où g est le sous-groupe des éléments de la forme $(\exp t, \exp t/\lambda)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Solutions non commutables de l'équation matricielle* $e^{A+B} = e^A e^B$. Note (*) de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Gaston Julia.

Soient A, B deux matrices carrées à termes réels ou complexes du même ordre. On pose

$$e^A = I + A + \frac{1}{2}A^2 + \ldots + \frac{1}{n!}A^n + \ldots. \tag{1}$$

Une telle fonction de A, jouit de certaines propriétés de l'exponentielle classique. En particulier, le second membre de (1) converge quelle que soit A.

Cependant, l'équation fonctionnelle

$$e^{A+B} = e^A e^B \tag{F}$$

n'est pas vérifiée quelles que soient les matrices A et B. Pour qu'elle soit vérifiée, il faut au moins qu'on ait

$$e^A e^B = e^B e^A. \tag{2}$$

(³) H. Hopf, *Zur Topologie der komplexen Manigfaltigkeiten*, Studies and essays presented to R. Courant on his 60th Birthday, New-York, Intersciences, 1948.

(⁴) B. Eckmann et E. Calabi. (Article à paraître au *Bulletin de la Société math. américaine.*)

(*) Séance du 19 novembre 1951.

Mais cela ne suffit pas. M. W. Ledermann nous en a communiqué l'exemple simple suivant :

$$A = \begin{Vmatrix} 0 & 2\pi \\ -2\pi & 0 \end{Vmatrix}, \qquad B = \begin{Vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{Vmatrix}.$$

Les ouvrages que nous avons pu consulter se contentent de signaler que l'équation fonctionnelle (F) est vérifiée quand A et B sont commutables ($AB = BA$). Dans ce cas, la relation (2) est évidemment vérifiée. L'exemple de W. Ledermann montre que cette seconde relation (2) peut être vérifiée sans que A et B soient commutables.

La question restait posée pour (F). *Nous avons pu former des exemples en nombre infini de paires de matrices non commutables vérifiant l'équation fonctionnelle* (F). Telle est la paire

$$A = \begin{Vmatrix} 0 & \pi \\ -\pi & 0 \end{Vmatrix}, \qquad B = \begin{Vmatrix} 0 & (7+\sqrt{48})\pi \\ (-7+\sqrt{48})\pi & 0 \end{Vmatrix}.$$

Cet exemple n'a pas été rencontré par hasard. C'est un membre particulièrement simple de la famille infinie de toutes les paires de matrices non commutables et d'ordre deux vérifiant (F), famille que nous avons pu déterminer en partant du résultat suivant :

Pour que deux matrices A, B, *non commutables d'ordre deux et à termes réels ou complexes, vérifient l'équation fonctionnelle* (F), *il faut et il suffit qu'elles vérifient des relations du type* $e^{A} = pI$, $e^{B} = qI$, $e^{A+B} = rI$ (avec $r = pq$), où p, q, r sont des nombres réels ou complexes et I la matrice unité. Ces résultats seront démontrés ailleurs [1].

GÉOMÉTRIE. — *Un caractère topologique du groupe conforme.* Note (*) de M. **Roger Pernet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Détermination, en vue d'extensions ultérieures, d'un caractère topologique du groupe conforme dans E_3. Transformations induites sur le produit des deux structures fibrées triviales d'une sphère invariante.

E désigne l'espace ponctuel semi-réel à trois dimensions, (S) une inversion de sphère $S \subset E$, C un élément générique de l'espace $\mathcal{E}$ des cercles de E invariants par (S). Le signe $\times$ indique un produit direct.

On détermine les transformations T de $\mathcal{E}$ induisant une transformation topologique t de l'espace quotient $E^{*} = E/(S)$, de manière que toute partie de $\mathcal{E}$, dont les éléments contiennent un point M^{*}, admette pour homologue

---

(1) *Rendic. Circ. Matem. Palermo*, 1, 1951.

(*) Séance du 19 novembre 1951.

une partie dont les éléments contiennent un point M'^* dit homologue de M^* par t.

L'extension complexe S_c de S est recouverte par deux feuillets F et F', lieux d'isotropes de systèmes différents X et X', munis chacun d'une structure d'espace fibré trivial :

$$F \text{ (resp } F'), \quad \text{base } X'_0 \text{ (resp } X_0), \quad \text{fibre } X \text{ (resp } X').$$

X et X' sont homéomorphes à deux plans de Cauchy : Π plan des $\dot\lambda$, Π' plan des $\dot\mu$, et chaque point $X \cap X' \in S$ correspond biunivoquement à un couple de points : $\dot\lambda \in \Pi$, $\dot\lambda' \in \Pi'$. Π et Π' sont supposés confondus, munis d'une structure cayleyenne dont l'absolu commun σ est un cercle de centre origine de même rayon que S (1 ou i); (σ) est l'inversion associée. On a :

$\mathcal{E} \simeq \mathcal{E}_1 = \Pi \times \Pi'/(\sigma)$ si $R = 1$ [resp $\Pi \times \Pi'/(\sigma)P$ si $R = i$, où P désigne la permutation de $\dot\lambda$ et $\dot\mu$ dans le couple $\dot\lambda$, $\dot\mu$].

Une transformation de $\mathcal{E}$ induit une transformation $\mathcal{T} \times \mathcal{T}'$ de $\mathcal{E}_1$, dont les induites dans Π et Π' sont $\mathcal{T}$ et $\mathcal{T}'$.

Structure des T. — La recherche utilise l'organisation de chaque congruence paratactique $\mathcal{CR}$, de sphère principale S, selon une géométrie cayleyenne où droites et cercles sont images de V-séries droites ou obliques de $\mathcal{CR}$ (une V-série est une semi-cyclide de Dupin) (¹).

L'image d'une V-série d'une $\mathcal{CR}$, dont une isotrope de base est λ, est dans $\mathcal{E}_1$ l'ensemble d'un point $\dot\lambda \in \Pi$ et d'une chaîne cyclique de Staudt $\in \Pi'$ dont un quasi-centre $\dot\mu$ est l'image d'un anaxe de la V-série. La quasi-distance de deux points de Π est égale à l'angle de parataxie des couples de cercles paratactiques dont les images sont les deux points de Π et un même point de Π'.

On prouve qu'*a priori* $\mathcal{T}$ et $\mathcal{T}'$ ne peuvent être que d'une des formes

$$\lambda' = f(\lambda), \qquad \mu' = \varphi(\mu) \qquad \text{ou} \qquad \lambda' = f(\mu), \qquad \mu' = \varphi(\lambda).$$

Donc T doit conserver la parataxie; de plus toute V-série a pour homologue une V-série. Par suite $\mathcal{T}$ et $\mathcal{T}'$ sont des transformations circulaires.

Or pour que deux cercles distincts C_1, C_2 de $\mathcal{E}$ soient cosphériques, il faut et suffit : ou bien :

1° que $\lambda_2 = \lambda_1$ ou $\mu_2 = \mu_1$ si $R = 1$ (tangence); ou 2° que λ_1, μ_1 désignant les paramètres d'un foyer de C_1, λ_2, μ_2 ceux d'un foyer de C_2 ($\lambda_1 \neq \lambda_2$, $\mu_1 \neq \mu_2$), les deux cercles appartiennent à une même cyclide de Dupin dont un anaxe a pour image dans $\mathcal{E}_1$ le couple $\dot\lambda_1$ $\dot\mu_2$. D'où pour le 2° :

Lemme fondamental. — *Pour que deux cercles* $(\dot\lambda_1, \dot\mu_1)$ *et* $(\dot\lambda_2, \dot\mu_2)$ *de* $\mathcal{E}$ *soient cosphériques, il faut et suffit que les quasi-segments* $\dot\lambda_1 \dot\lambda_2$ *et* $\dot\mu_1 \dot\mu_2$ *soient égaux.*

(¹) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 601.

On déduit que $\mathfrak{G}$ et $\mathfrak{G}'$ appartiennent au groupe fondamental G de la géométrie cayleyenne d'absolu σ. Donc il faut que t soit conforme et la condition est évidemment suffisante.

Plus généralement, *toute transformation ponctuelle continue dans laquelle des cercles cosphériques invariants par* (S) *ont pour homologues des cercles cosphériques invariants par* (S′) *est conforme.*

Représentation des T *dans* $\mathcal{E}_1$. — $\overline{\mathfrak{A}}$ est une antiinvolution commutative à l'antiinvolution $\overline{\mathfrak{A}}_0$ définie par (σ), $\mathcal{J}$ l'identité

1° $T \simeq \mathcal{J} \times \overline{\mathfrak{A}}_0$ (resp $\overline{\mathfrak{A}}_0 \times \mathcal{J}$) est une association : opération paratactique spéciale O. P. d'angle $\pi/2$ remplaçant chaque $C \in \mathcal{E}$ par son conjugué $\overline{C}$.

2° $T \simeq \mathcal{J} \times \overline{\mathfrak{A}}$ est le produit d'une association par une O. P. d'angle $\pi/2$ conservant chaque isotrope de F.

$T \simeq \mathcal{J} \times \mathcal{H}$ (où $\mathcal{H} = \overline{\mathfrak{A}}_1 . \overline{\mathfrak{A}}_2$) est une O. P. d'angle θ (angle des cercles directeurs des inversions associées à $\overline{\mathfrak{A}}_1$ et $\overline{\mathfrak{A}}_2$).

3° $T \simeq \overline{\mathfrak{A}} \times \overline{\mathfrak{A}}$ est une transposition anallagmatique; $T \simeq \mathcal{H} \times \mathcal{H}$ est une rotation anallagmatique dont le support est commun aux deux $\mathcal{CT}$ d'espèces différentes lieux respectifs des anneaux supports des O. P. induites par $\mathcal{J} \times \mathcal{H}$ et $\mathcal{H} \times \mathcal{J}$.

4° $T \simeq P\overline{\mathfrak{A}} \times P\overline{\mathfrak{A}}$ [$P\overline{\mathfrak{A}}$ antiinvolution dans Π (ou Π') suivie de l'application canonique P de Π dans Π' (ou Π' dans Π)]. Plus généralement, toute inversion conservant S est isomorphe à un produit $P\overline{\mathfrak{A}}_1 \times P\overline{\mathfrak{A}}_2$ ou $\overline{\mathfrak{A}}_1$ et $\overline{\mathfrak{A}}_2$ sont équivalentes modulo G. Écriture $\overline{\mathfrak{A}}_1 \equiv \overline{\mathfrak{A}}_2$ (mod. G).

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sur l'erreur commise dans la méthode d'intégration de Milne.* Note de M. **Willy Richter**, présentée par M. Henri Villat.

La méthode de Milne [1] permet de calculer des valeurs approchées d'une solution $y(x)$ de l'équation $y' = f(x, y)$ si l'on connaît $y(0)$. Désignons par $Y(\rho h)$, $\rho = -1, 1, 2, \ldots$, les valeurs de $y(\rho h)$ ainsi calculées, $Y(k)$, $k = \pm h$, seront les *premières ordonnées* et $Y(2h)$ la *seconde ordonnée*. Les quatre valeurs $Y(k)$, $y(0) = Y(0)$, $Y(2h)$ formeront les *valeurs de départ*, et la *continuation du réseau* consistera à calculer $Y(\rho h)$, $\rho > 2$.

Valeurs de départ. — Elles sont calculées par itération au moyen des formules de récurrence suivantes :

$$Y_\nu(k)\begin{cases} = y(0) + k y'(0) + \dfrac{k^2}{2} y''(0) & (\nu = 1), \\ = y(0) + \dfrac{2k}{3} y'(0) + \dfrac{k^2}{4} y''(0) + \dfrac{k}{24}[7F_{\nu-1}(k) + F_{\nu-1}(-k)] & (\nu > 1), \end{cases}$$

[1] *Numerical Calculus*, Princeton, § 38, 1949, p. 134-138.

où l'on pose

$$F_\nu(\pm h) = f(\pm h, Y_\nu(\pm h)) \qquad (\nu \geqq 1).$$

Arrêtant le calcul après p itérations, on posera

$$Y_p(k) = Y(k) \qquad (k = \pm h).$$

$$Y_\mu(2h) \begin{cases} = y(0) - \dfrac{2h}{3} y'(0) - 2h^2 y''(0) + \dfrac{2h}{3}[5F(h) - F(-h)] & (\mu = 1), \\ = y(0) + \dfrac{h}{3}[y'(0) + 4F(h)] + \dfrac{h}{3} F_{\mu-1}(2h) & (\mu > 1), \end{cases}$$

où l'on a

$$F(\pm h) = f(\pm h, Y(\pm h)), \qquad F_\mu(2h) = f(2h, Y_\mu(2h)) \qquad (\mu \geqq 1).$$

Arrêtant le calcul après s itérations, on posera

$$Y_s(2h) = Y(2h).$$

Continuation du réseau. — Milne calcule par récurrence

$$Y^*(\rho h) = Y((\rho-4)h) + \frac{4h}{3}[2F((\rho-3)h) - F((\rho-2)h) + 2F((\rho-1)h)] \qquad (\rho > 2),$$

$$Y(\rho h) = Y((\rho-2)h) + \frac{h}{3}[F((\rho-2)h) + 4F((\rho-1)h) + F^*(\rho h)] \qquad (\rho > 2),$$

où

$$F(\rho h) = f(\rho h, Y(\rho h)) \qquad (\rho = -1, 0, 1, 2, \ldots)$$

et

$$F^*(\rho h) = f(\rho h, Y^*(\rho h)) \qquad (\rho > 2).$$

Hypothèses B ([2]). — Dans un certain domaine D, contenant $[0, y(0)]$, f et ses dérivées partielles jusqu'au quatrième ordre y compris existent, sont continues et bornées par

$$(1) \qquad |f| \leqq N, \qquad \left|\frac{\partial^{i+j} f}{\partial x^i \partial y^j}\right| \leqq MN^{1-j} \qquad (1 \leqq i+j \leqq 4,\ M > 0,\ N > 0).$$

Si ces hypothèses sont vérifiées, nous obtenons les résultats suivants :

I. *Convergence des itérations.* — Il suffit d'avoir

$$(2) \qquad q = \frac{hM}{3} < 1$$

pour que les suites $Y_\nu(k)$ $(k = \pm h,\ \nu > 1,\ \nu \to \infty)$ et la suite $Y_\mu(2h)$ $(\mu > 1,\ \mu \to \infty)$ convergent.

II. *Bornes d'erreur.* — *a. Erreur commise dans le calcul des premières ordonnées.* En posant

$$P = \max_D \frac{h^3}{6}|f''|, \qquad R = \max_D \frac{h^5}{180}|f^{IV}|,$$

([2]) Dues à L. Bieberbach, *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik*, 2, 1951, p. 233-248.

on a

$$|y(k) - Y_\nu(k)| < q^{\nu-1} P + \frac{R}{1-q}, \qquad \nu > 1,$$

d'où, dès que $p \geqq 3$,

$$(3) \qquad |y(k) - Y(k)| < \frac{9}{2} q^5 \frac{\max|f''|}{M^3} + \frac{27}{20} \frac{q^5}{1-q} \frac{\max|f^{\text{IV}}|}{M^5} = \eta_1.$$

b. Erreur commise dans le calcul de la seconde ordonnée.

Pour $\mu = 1$, on a

$$|y(2h) - Y_1(2h)| < 12 q \eta_1 + 28 R$$

et pour $\mu > 1$,

$$|y(2h) - Y_\mu(2h)| < 2(4q\eta_1 + 13R) q^{\mu-1} + \frac{2(2q\eta_1 + R)}{1-q},$$

soit, dès que $s \geqq 2$:

$$|y(2h) - Y(2h)| < 2(4q\eta_1 + 13R) q + \frac{2(2q\eta_1 + R)}{1-q} = \eta_2.$$

c. Erreur commise dans la continuation du réseau.

Si nous posons

$$Z = 1 + 3q + 9q^2, \qquad Q = \frac{(1 + 28q)R}{q(3 + 10q)}$$

et

$$C \begin{cases} = \max\left((\eta_1 + Q)Z, \dfrac{\eta_2 + Q}{Z^2}\right), & \text{si } \eta_2 + Q \geqq (\eta_1 + Q)Z^2, \\ = \max\left(\dfrac{\eta_1 + Q}{Z}, \quad \dfrac{\eta_2 + Q}{Z}\right), & \text{si } \eta_2 + Q < (\eta_1 + Q)Z^2, \end{cases}$$

nous obtenons

$$|y(\rho h) - Y(\rho h)| \leqq CZ^\rho - Q \qquad (\rho \geqq 1).$$

Remarques. — 1° η_1, R et η_2 contiennent q^5; Q et C contiendront q^4, donc h^4.

2° Dans le calcul de η_1 par (3), on substitue à $|f''|$ et $|f^{\text{IV}}|$ les bornes données par Bieberbach ([3]).

3° La méthode s'étend à un système de n équations ([4]). On remplacera en (2) et en (3) M par Mn. Dans les hypothèses B, on substituera à la seconde des inégalités (1) :

$$\left| \frac{\partial^{i+\sum_\sigma j_\sigma} f_\lambda}{\partial x^i \partial y_1^{j_1} \ldots \partial y_n^{j_n}} \right| \leqq MN^{1-\sum_\sigma j_\sigma}, \qquad 1 \leqq i + \sum_\sigma j_\sigma \leqq 4 \qquad (\lambda, \sigma = 1, 2, \ldots, n).$$

([3]) L. Bieberbach, *loc. cit.*, deuxième et quatrième formules (33).

([4]) W. E. Milne, *loc. cit.*, p. 141.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Un schéma probabiliste de processus stochastique.* Note (*) de Mme **Halina Milicer-Grużewska**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $\mathfrak{X}$ un ensemble de nombres réels $x, y, z, \ldots, \mathcal{F}$ le corps de tous les sous-ensembles boréliens $E \subset \mathfrak{X}$, $t_0, t_1, t_2, \ldots, t', t''$ des valeurs du paramètre réel t.

S_1. Supposons que le processus stochastique est résolu sur ce corps, c'est-à-dire qu'on connaît pour $t_0 \leqq t^*$, $t_0 \leqq t' \leqq t''$ les fonctions $Q(t, E)$ et $P(t', x, t'', E)$ qui sont normalés (1) comme fonctions de l'ensemble E, la seconde d'entre elles étant en outre une fonction borélienne de x; ces fonctions remplissent les équations fondamentales I et II des processus stochastiques (2) et les conditions initiales convenables (3).

S_2. Supposons que l'ensemble $\mathfrak{X}$ est tout au plus dénombrable ou, s'il est continu, que la fonction de x, $P(t', x, t'', E)$ est continue à droite.

Soit $\mathfrak{X}_2$ le produit cartésien $\mathfrak{X} \star \mathfrak{X}$ et $\mathcal{F}_2$ le corps de tous les sous-ensembles boréliens de $\mathfrak{X}_2$. On peut démontrer le théorème suivant :

I. *Si les conditions* S_1 *et* S_2 *sont remplies, alors on peut étendre au corps* $\mathcal{F}_2$ *un champ de probabilité* $P_2 : \mathfrak{P}(\mathcal{F}_2, P_2)$ *dans lequel la fonction de* x, $P(t_1, x, t_2, E)$ *est la probabilité conditionnelle au sens classique* (4), *pour chaque paire de valeurs du paramètre* $t : t_0 \leqq t_1 \leqq t_2$ *et chaque* $x \subset \mathfrak{X}$.

Ce champ a comme répartitions marginales (5) les fonctions $Q(t_1, E)$, $Q(t_2, E)$ et comme composante verticale (6) la fonction $P(t_1, x, t_2, E)$. La probabilité qui définit le champ $\mathfrak{P}(\mathcal{F}_2, P_2)$ est la suivante :

$$P_2 = P(t_1, E_1, t_2, E_2) = \int_{z \subset E_1} P(t_1, z, t_2, E_2) . Q(t_1, d\mathfrak{X}),$$

$$E_1 \subset \mathfrak{X}, \qquad E_2 \subset \mathfrak{X}.$$

Selon I donc à chaque processus stochastique qui est résolu correspond un schéma probabiliste, si les conditions S_1 et S_2 sont remplies.

La démonstration découle facilement du théorème T_1 de notre Note précédente (7).

Remarque I. — Il est à remarquer que le paramètre t détermine la forme de la fonction de la probabilité P_2, mais n'a pas d'influence sur le corps $\mathcal{F}_2$ du champs $\mathfrak{P}(\mathcal{F}_2, P_2)$.

(*) Séance du 19 novembre 1951.

(1)(2) A. Kolmogoroff, *Mathematische Annalen*, 104, 1931, p. 420-421.

(3) *Voir* A. Kolmogoroff, *loc. cit.* p. 422.

(4) H. Milicer-Grużewska, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1256 (th. T_1 et Remarque).

(5)(6) H. Milicer-Grużewska, *loc. cit.* (déf. 1 et 2).

(7) H. Milicer-Grużewska, *loc. cit.* (sub. 4).

Remarque II. — On voit qu'au cas d'un processus ergodique on a

$$P(t_1, E_1, \infty, E_2) = Q(t_1, E_1) . P(\infty, E_2),$$

le champ $\mathfrak{P}[\mathcal{F}, Q(t_1, E_1)]$ et $\mathfrak{P}[\mathcal{F}, P(\infty, E_2)]$ sont donc stochastiquement indépendants comme il se doit.

GÉNÉTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Corrélations relatives au caractère primaire dans une population en équilibre soumise à une loi d'union sélective.* Note de M. **Henri Marchand**, présentée par M. Émile Borel.

Utilisons les notations, hypothèses et résultats de notre Note précédente [1]; supposons de plus que le nombre N des facteurs est grand et que la contribution H d'un facteur se compose d'une contribution génétique **H**, somme de deux aléatoires du deuxième ordre $\mathcal{H}$ et $\mathcal{H}_1$ correspondant à chaque gène, et d'un résidu d traduisant l'effet de dominance. Posons

$$z = \Sigma \mathbf{H}, \qquad D = \Sigma d, \qquad x = \Sigma H = z + D.$$

Les aléatoires $\mathcal{H}$ et $\mathcal{H}_1$ pouvant prendre les valeurs t et s, H et d peuvent prendre respectivement les trois valeurs

$$\mathbf{i} = 2t, \qquad \mathbf{j} = s + t, \qquad \mathbf{k} = 2s;$$
$$m = i - \mathbf{i}, \qquad n = j - \mathbf{j}, \qquad 0 = k - \mathbf{k}.$$

Si l'on effectue l'ajustement par moindres carrés qui consiste à rendre minimum chacune des quantités $M(d^2)$ et l'ajustement global qui rend minimum $M(D^2)$, on peut montrer qu'ils sont équivalents, avec l'approximation adoptée; ils conduisent à la solution

$$(1) \qquad \mathbf{i} = \frac{p^2 i - q^2 k}{p}, \qquad \mathbf{k} = \frac{q^2 k - p^2 i}{q}$$

et l'on a simultanément $M(\mathbf{H} d) = 0$ et $M(z D) = 0$. Le calcul des variances donne alors :

$$(2) \quad M(H^2) = M(\mathbf{H}^2) + M(d^2), \qquad M(\mathbf{H}^2) = \frac{(p^2 i - q^2 k)^2}{2pq}, \qquad M(d^2) = (pi + qk^2),$$

$$(3) \qquad \mathbf{V} = M(z^2) = \Sigma M(\mathbf{H}^2) - 2\mu \mathbf{V}^2, \qquad V = M(x^2) = \Sigma M(H^2) - 2\mu \mathbf{V}^2.$$

Les expressions (1) et (2) relatives à chaque facteur sont identiques à celles que l'on aurait obtenues dans le cas du random mating (conséquence de la loi de Hardy); les expressions (3) concernant les variances globales sont analogues à celles établies par M. Malécot dans le cas d'homogamie qu'il a étudié [2].

---

(1) Cf. *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1259.
(2) *Cf.* G. Malécot, *Thèse*, p. 84.

Le coefficient de corrélation entre conjoints est évidemment nul,

$$M(x\bar{x}) = \Sigma\Pi\bar{\Pi}(1+\mu y+\mu\bar{y})x\bar{x} = M(x)M(\bar{x})+\mu M(xy)M(\bar{x})+\mu M(x)M(\bar{x}\bar{y}) = 0.$$

Corrélation père-fils. — Désignons par des lettres affectées de l'indice 1, les quantités relatives à l'enfant. On a $M(xx_1) = M(xz_1) + M(xD_1)$. Le calcul donne $M(xz_1) = \mathbf{V}/2$.

Les tables de corrélation entre H et d_1 et entre H et d'_1 sont d'autre part en posant $(1\mathbf{1}) = (11) + (12)/2$; $(1\mathbf{3}) = (13) + (12)/2$; ... :

H = d_1.	m.	n.	θ.
i	$p^2 \star p$	$p^2 \star q$	0
j	$pq \star p$	$pq \star (000)$	$pq \star q$
k	0	$q^2 \star p$	$q^2 \star q$

H = d'_1.	m'.	n'.	θ'.
i	$(1\mathbf{1}) \star p'$	$(1\mathbf{1}) \star q' + (1\mathbf{3}) \star p'$	$(1\mathbf{3}) \star q'$
j	$(2\mathbf{1}) \star p'$	$(2\mathbf{1}) \star q' + (2\mathbf{3}) \star p'$	$(2\mathbf{3}) \star q'$
k	$(3\mathbf{1}) \star p'$	$(3\mathbf{1}) \star q' + (3\mathbf{3}) \star p'$	$(3\mathbf{3}) \star q'$

On déduit de ces tables : $M(Hd_1) = O(\mu^2)$; $M(Hd'_1) = O(\mu^3)$; $M(xD_1) = O(\mu^2)$ d'où $M(xx_1) = \mathbf{V}/2$. Le coefficient de corrélation père-fils est donc $\rho = (1/2)\mathbf{V}/v$.

Si l'on désigne par ρ_0 le coefficient que l'on aurait pour la même population soumise au randon mating, et si l'on pose :

$$\delta_0^2 = \frac{\Sigma M(H^2)}{\Sigma M(H^2)}, \qquad \tau^2 = \Sigma M(H^2), \qquad \sigma^2 = \Sigma M(H^2),$$

on trouve :

$$(4) \qquad \frac{\rho}{\rho_0} = 1 + 4\mu\rho_0(2\rho_0 - 1)\sigma^2.$$

Le coefficient ρ est donc inférieur à ρ_0 s'il y a dominance, le minimum de ρ/ρ_0 ayant lieu lorsque $\rho_0 = 1/4$. S'il n'y a pas de dominance, $\rho = \rho_0 = 1/2$.

Corrélation entre frères. — Désignons par des lettres affectées des indices 1 et 2 les quantités relatives aux deux frères. Posons

$$p^2 m = -pqn = q^2\theta = p^3 q^3 C, \qquad \mathbf{i} - \mathbf{k} = 2\varepsilon, \qquad \delta^2 = \frac{\mathbf{V}}{V}.$$

On trouve

$$g = M(H_1^2) - M(H_1 H_2) = pq\left(\frac{\varepsilon^2 + 3p^3q^3C^2}{4}\right) + O\left(\frac{\mu}{n^2}\right) = \frac{M(\mathbf{H}^2)}{2} + \frac{3M(d^2)}{4} + O\left(\frac{\mu}{n^2}\right).$$

On peut montrer que $M(x_1x_2) = M(x_1^2) - \Sigma g$, d'où en négligeant $O(\mu^2)$ et $O(\mu/n)$ l'expression approchée du coefficient de corrélation entre frères

$$f = \frac{1}{4} + \frac{\delta^2}{4} - \mu\delta^2\mathbf{V}.$$

On retrouve en posant $A = -2\mu\mathbf{V}$ l'expression $f = \delta^2(1 + A)/2 + (1 - \delta^2)/4$

analogue à celle établie dans le cas d'homogamie par M. Malécot (*Thèse*, p. 95). S'il n'y a pas de dominance, on obtient $f = (1 - 2\mu V)/2$, coefficient inférieur à celui que donnerait le random mating, contrairement à ce que l'on a vu pour le coefficient de corrélation père-fils.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une transformation du terme intégral de l'équation de Boltzmann.* Note (*) de M. **Jean-J. Bernard**, présentée par M. Joseph Pérès.

On considère habituellement, pour étudier les chocs subis par une molécule O_1 de la part de ses voisines O_2, deux systèmes de référence d'origine O_1; l'un fixe, $S'(X, Y, Z)$, dans lequel la vitesse $\vec{V}$ des molécules O_2 relativement à O_1 est repérée par ses angles polaires λ, μ (l'axe privilégié des coordonnées polaires est le premier du système), de telle sorte que les vitesses d'agitation des deux molécules sont respectivement :

$$\vec{q}_1(u, v, w) \quad \text{et} \quad \vec{q}_2(u + V\cos\lambda,\ v + V\sin\lambda\cos\mu,\ w + V\sin\lambda\sin\mu);$$

l'autre $S'(X', Y', Z')$ est lié à la vitesse incidente de O_2, la direction X' étant celle de $-\vec{V}$. La droite O_1O_2 joignant les centres de symétrie des molécules a pour angles polaires (η, φ) dans (S) ou (θ, ε) dans (S'); l'angle θ n'est autre que la demi-déviation de la molécule O_2 dans son choc avec O_1.

Les composantes dans le système (S) des vitesses $\vec{q}'_1$ et $\vec{q}'_2$ après le choc sont généralement exprimées en fonction des vitesses incidentes par des relations dans lesquelles les paramètres de position sont θ, ε; le terme intégral de l'équation de Boltzmann s'écrit alors, f étant la fonction de distribution et k un noyau dépendant essentiellement du modèle moléculaire envisagé :

$$\mathcal{J} = \int_0^{2\pi} d\varepsilon \int_0^{\pi} d\theta \iiint_{\Omega} \left[f(\vec{q}'_1)f(\vec{q}'_2) - f(\vec{q}_1)f(\vec{q}_2)\right] k(\theta, V)\, du_2\, dv_2\, dw_2,$$

(le domaine Ω est celui dans lequel $\vec{q}_2$ conduit effectivement à un choc).

1. On peut tout aussi bien faire intervenir dans les équations du choc les angles (η, φ) relatifs au système (S); ce changement des variables de position conduit à effectuer simultanément dans l'équation de Boltzmann un changement des variables de vitesse qui semble avantageux dans l'étude des modèles moléculaires non maxwelliens. Si l'on pose en effet :

$$x = V[\cos\eta\cos\lambda + \sin\eta\sin\lambda\cos(\varphi - \mu)]\cos\eta,$$
$$y = V[\sin\eta\cos\lambda - \cos\eta\sin\lambda\cos(\varphi - \mu)]\sin\eta,$$
$$z = V\sin\lambda\sin(\varphi - \mu),$$

(*) Séance du 19 novembre 1951.

les composantes des vitesses $\vec{q'_1}$, $\vec{q'_2}$, $\vec{q_2}$ prennent, en fonction de (x, y, z, η, φ) les expressions suivantes, indépendantes de toute hypothèse sur le modèle moléculaire :

$$\text{(I)} \quad \begin{cases} u'_1 = u + x, \\ v'_1 = v + x \operatorname{tg}\eta \cos\varphi, \\ w'_1 = w + x \operatorname{tg}\eta \sin\varphi, \end{cases}$$

$$\text{(II)} \quad \begin{cases} u'_2 = u + y, \\ v'_2 = v - y \operatorname{cotg}\eta \cos\varphi + z \sin\varphi, \\ w'_2 = w - y \operatorname{cotg}\eta \sin\varphi - z \cos\varphi, \end{cases}$$

$$\text{(III)} \quad \begin{cases} u_2 = u + x + y, \\ v_2 = v + (x \operatorname{tg}\eta - y \operatorname{cotg}\eta) \cos\varphi + z \sin\varphi, \\ w_2 = w + (x \operatorname{tg}\eta - y \operatorname{cotg}\eta) \sin\varphi - z \cos\varphi, \end{cases} \qquad \left(\frac{D(u_2 v_2 w_2)}{D(xyz)} = \frac{1}{\sin\eta \cos\eta}\right)$$

ce qui, joint à la relation géométrique :

$$\sin\theta \, d\theta \, d\varepsilon = \sin\eta \, d\eta \, d\varphi,$$

entre les éléments différentiels des variables de position, définit complètement le changement de variables.

2. La transformation est spécialement avantageuse lorsque la direction fixe x joue un rôle privilégié dans le mouvement du fluide et, par conséquent, dans la fonction de distribution.

Par exemple, il semble logique d'admettre dans l'étude des mouvements fluides unidimensionnels que la vitesse d'agitation n'intervient dans la fonction de distribution que par la composante u et la combinaison $r = (v^2 + w^2)^{1/2}$: le changement de variables précédent permet de justifier aisément la possibilité de telles solutions $f(u, r)$ de l'équation de Boltzmann, car, si l'on pose

$$v = r \cos\psi, \qquad w = r \sin\psi, \qquad \operatorname{tg}\eta = t,$$

on tire de (I), (II) et (III)

$$\text{(IV)} \quad \begin{cases} r'^2_1 = [r \cos(\varphi - \psi) + xt]^2 + r^2 \sin^2(\varphi - \psi), \\ r'^2_2 = \left[r \cos(\varphi - \psi) - \left(\dfrac{y}{t}\right)\right]^2 + [r \sin(\varphi - \psi) + z]^2, \\ r^2_2 = \left[r \cos(\varphi - \psi) + xt - \left(\dfrac{y}{t}\right)\right]^2 + [r \sin(\varphi - \psi) + z]^2, \end{cases}$$

et par suite, les grandeurs θ et V ne dépendant en fait que de (x, y, z, t), la variable ψ ne figure dans $\mathcal{J}$ que par la différence $(\varphi - \psi)$, ce qui la fait disparaître lors de l'intégration en φ de 0 à 2π et rend formellement compatibles les deux membres de l'équation.

3. Si nous considérons plus spécialement le cas de molécules sphériques, de diamètre σ, sans attraction ni répulsion, nous avons pour le noyau k

l'expression

$$k = \sigma^2 |\mathrm{V}\cos\theta| \sin\theta = \sigma^2 \left|\frac{x}{\cos\eta}\right| \sin\theta,$$

le domaine Ω étant défini par la condition $x/\cos\eta < 0$, puisque le choc se produit seulement si la composante normale de la vitesse relative est négative.

En tenant compte de l'invariance des équations (I), (II), (III) pour les substitutions $\bar{\eta} = \pi - \eta$, $\bar{\varphi} = \pi + \varphi$, $\bar{z} = -z$, on obtient le terme intégral $\mathcal{J}$ sous la forme très maniable

$$\mathcal{J} = \sigma^2 \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\infty} dt \iiint_{-\infty}^{+\infty} (f'_1 f'_2 - f_1 f_2) \,|\, x \,|\, dx\, dy\, dz.$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur deux classes d'« opérateurs d'observation ».* Note (*) de M. **Robert Vallée**, présentée par M. Louis de Broglie.

On décrit deux types d'opérateurs linéaires, se correspondant dans une dualité entre les variables spatiotemporelles d'une part et les variables de « fréquence d'espace » et de fréquence temporelle d'autre part. Des cas particuliers de ces opérateurs sont fréquemment rencontrés dans tous les domaines de l'observation, ils jouent, de plus, en théorie de l'information, un rôle important.

La description spatiotemporelle d'un phénomène physique peut être faite à l'aide d'un ensemble de fonctions du point et de l'instant. Bornons-nous au cas où une seule fonction $f(x, y, z, t)$ suffit à cette description, les autres cas pouvant y être ramenés.

Ce qu'un processus expérimental, lequel peut se réduire au simple usage des sens, nous permet d'atteindre, ce n'est pas $f(x, y, z, t)$, mais une autre fonction $g(x, y, z, t)$. Cette dernière constitue une image généralement déformée du phénomène, à partir de laquelle il n'est pas toujours possible de reconstituer le « réel ». Pour un processus expérimental donné le passage de $f(x, y, z, t)$ à $g(x, y, z, t)$ résulte de l'application à $f(x, y, z, t)$ d'un « opérateur d'observation » $\mathcal{O}$:

$$g(x, y, z, t) = \mathcal{O}\{f(x, y, z, t)\}.$$

Nous bornant au domaine linéaire, nous allons envisager deux classes, très générales, d'« opérateurs d'observation ». Soit $\varphi(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ la transformée de Fourier, à quatre variables, de $f(x, y, z, t)$ et $\gamma(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ celle de $g(x, y, z, t)$ (1). Par définition, les « opérateurs d'observation » de la

(*) Séance du 12 novembre 1951.

(1) Supposant $f(x, y, z, t)$ et $g(x, y, z, t)$ de carrés sommables, nous avons

$$\varphi(\lambda, \mu, \nu, \omega) = \frac{1}{(2\pi)^4} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x, y, z, t)\, e^{-j(\lambda x + \mu y + \nu z + \omega t)}\, dx\, dy\, dz\, dt$$

et une relation analogue concernant $\gamma(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ et $g(x, y, z, t)$.

première classe, ou opérateurs de « filtrage », font passer de $\varphi(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ à $\gamma(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ par

(1) $$\gamma(\lambda, \mu, \nu, \omega) = Z(\lambda, \mu, \nu, \omega)\,\varphi(\lambda, \mu, \nu, \omega).$$

Ces opérateurs admettent comme cas particuliers les fonctions de transfert $Z(\omega)$ des appareils enregistreurs temporels (galvanomètre par exemple) et les « fonctions de transfert » $Z(\lambda, \mu, \nu)$ des enregistreurs spatiaux (appareil photographique par exemple) [2].

Les opérateurs de la seconde classe, ou « opérateurs de champ », font passer de $f(x, y, z, t)$ à $g(x, y, z, t)$ par

(2) $$g(x, y, z, t) = A(x, y, z, t)\,f(x, y, z, t).$$

Ces opérateurs admettent, comme cas particuliers, les opérateurs $A(t)$ rencontrés en radioélectricité sous le nom d'opérateurs de commutation. Le procédé d'observation qu'est la stroboscopie fait appel à des opérateurs du même type, pour lesquels $A(t)$ est une fonction nulle partout sauf en des instants régulièrement espacés. Les opérateurs $A(x, y, z)$, qui limitent le champ spatial d'une observation, entrent dans ce cadre. Le procédé d'observation par « prélèvement spatial » fait intervenir des opérateurs pour lesquels $A(x, y, z)$ est nulle partout sauf sur certains points.

Il existe, entre les opérateurs Z et les opérateurs A une dualité évidente, c'est elle qui fait se correspondre les variables d'espace et de temps (x, y, z, t) et les variables de « fréquence spatiale » et de fréquence temporelle $(\lambda, \mu, \nu, \omega)$. Les opérateurs Z et A permettent d'interpréter de nombreux modes d'observation. Les opérateurs plus généraux, du type AZ et du type ZA, conduisent à des interprétations plus profondes [3]. En particulier, les opérateurs du type ZA, produits d'un « filtrage » par une « limitation de champ », jouent un rôle important, spécialement en théorie de l'information.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les largeurs de raies et la structure hyperfine dans les spectres de rayons* X. Note de M. **Daniel Curie**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Pour mettre en accord avec l'expérience la théorie de la structure hyperfine des spectres d'émission X, on a repris la théorie de la largeur des raies spectrales, dans le cas où la distance de deux niveaux est inférieure à leur largeur. On a constaté de plus que les largeurs des raies K calculées suivant le modèle usuel quasi-hydrogénoïde sont trop petites d'un facteur 2.

Fermi, puis Breit [1], ayant étudié théoriquement la décomposition hyper-

---

(2) A rapprocher de : D. M. Mac Kay, *Phil. Mag.*, 1950, p. 297.

(3) Notons que, en général, il n'y a pas commutation $AZ \neq ZA$.

(1) *Zeits. für Phys.*, 60, 1930, p. 320; *Phys. Rev.*, 35, 1930, p. 1447.

fine des niveaux K, L, etc., ont montré que le niveau K se résout en deux sous-niveaux dont la séparation est 6 à 8 fois plus grande que celle des sous-niveaux provenant d'un niveau L. Chacune des deux raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ devrait donc être constituée par deux groupes de raies. Gokhale [2] a cherché à observer cet effet expérimentalement. Il a étudié les largeurs des raies $K\alpha$ des éléments compris entre Rb et Sn. On devrait observer une anomalie pour les éléments de spin I et de moment magnétique μ particulièrement élevés. Ainsi pour $\mathrm{Nb}(\mathrm{I}=9/2,\ \mu=6{,}17)$ la séparation hyperfine des niveaux K calculée est $\Delta\nu=0{,}025$ UX; la largeur naturelle des raies $K\alpha$ étant de l'ordre de 0,27 UX, les deux groupes de raies ne se séparent pas, mais on devrait trouver un élargissement anormal, égal à $\Delta\nu$, des raies K pour cet élément. Or Gokhale constate que la variation de la largeur des raies avec Z se traduit par une courbe régulière, et les points correspondant aux éléments de I et μ élevés se répartissent sur cette courbe, alors qu'ils devraient être situés notablement au-dessus.

Nous croyons qu'on peut rechercher l'explication de ces résultats dans la remarque suivante :

La théorie usuelle de la largeur des raies [3] *n'est pas valable* dans le cas où des photons de même fréquence peuvent être émis au cours de transitions distinctes. Tel est le cas pour l'émission d'un oscillateur harmonique, par suite de l'équidistance de ses niveaux [Weisskopf [3]]. C'est également le cas *lorsque la distance de deux niveaux est inférieure à leur largeur.*

Soient donc les deux niveaux émetteurs K_1 et K_2, dérivant du niveau K, distants de $\Delta\nu$, et un niveau L, dont nous négligeons la structure; ν_1 et ν_2 les fréquences des deux raies émises. La théorie des perturbations fournit

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} -i\hbar\dot{b}_{K_i0} &= \sum_{\rho} H'_{K_i0,\,L1_\rho}\, b_{L1_\rho}(t)\, e^{-2\pi i(\nu_i-\nu_\rho)t} \\ -i\hbar\dot{b}_{L1_\rho} &= \sum_{i} H'_{L1_\rho,\,K_i0}\, b_{K_i0}(t)\, e^{2\pi i(\nu_i-\nu_\rho)t} \end{aligned}\right.$$

où $b_{K_i0}(i=1,\ 2)$ et b_{L1_ρ} sont les amplitudes des probabilités respectives pour que l'atome émetteur soit dans l'état K_i sans avoir émis de photon ou dans l'état L après avoir émis un photon $h\nu_\rho$. Les *deux* termes dans la dernière équation traduisent que *le même* photon peut être émis au cours de l'une des deux transitions $K_1\rightarrow L$ et $K_2\rightarrow L$. La transition $K_1\rightarrow K_2$ est interdite (les deux niveaux K_i ont l nul).

Initialement l'atome est excité au niveau K_1 ou K_2; si nous admettons la même probabilité d'excitation pour chacun de ces niveaux, nous sommes

---

(2) *Thèse*, Paris, 1950, p. 83; *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1183.

(3) V. Weisskopf et E. Wigner, *Zeits. für Phys.*, 63, 1930, p. 54 et 65, 1930, p. 18.

conduits à chercher des solutions de la forme

(2) $$b_{K_i0}(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{-\gamma_i t}.$$

Substituant (2) dans le système (1), l'on détermine les γ_i; on trouve que ce sont en général des fonctions du temps : *on ne saurait définir une « vie » (constante) de chacun des deux niveaux très rapprochés* K_i. La répartition de l'énergie $J(\nu)$ dans la raie émise est alors donnée par

(3) $$J(\nu)\,d\nu = \sum_{\nu_\rho=\nu}^{\nu=d\nu} |b_{L1_\rho}(\infty)|^2.$$

On sait que l'hamiltonien d'interaction $H'_{K_i0,L1_\rho}$ renferme le vecteur

$$\int \psi^*_{K_i} \vec{p}\, \psi_L\, db,$$

que nous désignerons par $\vec{p}_i$. Les deux vecteurs $\vec{p}_i$ sont identiques à l'approximation non relativiste; cela provient du fait que les deux fonctions fondamentales orthogonales ψ_{K_i} correspondant aux deux possibilités de spin des électrons K ont leurs grandes composantes deux à deux identiques.

Résultats. — Quoique l'on puisse pousser jusqu'au bout les calculs dans le cas général où les $\vec{P}_i$ sont quelconques, nous ne donnons ici le résultat que dans le cas particulier actuel. Ce qui suit est donc valable seulement pour les raies de la série K.

L'on trouve pour $\Delta\nu = 0$ une raie unique, de forme classique, de largeur 2Γ *double* de celle $\Gamma = p/2\pi$ qu'on attendrait d'après l'expression bien connue des probabilités de transition $p = 2\pi\hbar^{-1}\,|H'|^2\rho(E)$; ainsi les probabilités d'émission sont doublées par l'existence des deux électrons sur la couche K (remarque due à F. Perrin).

Pour $\Delta\nu \neq 0$ il s'ouvre un trou au centre de la raie ([4]), séparant deux raies dissymétriques dont les maxima se situent exactement en ν_1 et ν_2. Tant que $\Delta\nu$ reste petit, la forme des bords extérieurs de la raie reste inaltérée. Lorsque $\Delta\nu$ croît, le trou s'élargit, séparant les deux composantes qui pour $\Delta\nu$ grand deviennent deux raies symétriques de largeur Γ.

Dans le cas du niobium, la demi-largeur du trou central est des 4/100 de la largeur totale de la raie et l'élargissement dû à la structure hyperfine des niveaux K est seulement d'*un* centième, alors qu'on s'attendrait à 9/100 s'il était égal à $\Delta\nu$. On peut s'expliquer ainsi que l'expérience n'ait montré, ni le trou central, ni l'élargissement hyperfin. Pour les autres corps étudiés $\Delta\nu$ est encore plus petit.

([4]) La partie centrale de la raie serait modifiée par l'existence d'un déphasage entre les amplitudes complexes des b_K; mais cela entraînerait par ailleurs des conséquences peu admissibles.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Éléments gaussiens des lentilles à grilles.* Note (*) de M. **Michel Bernard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous utilisons ici les expressions du potentiel axial des lentilles à grille données dans une Note précédente ([1]). Nous en tirons des formules pour le calcul des éléments optiques gaussiens en représentant de manière approchée la fonction $T = \Phi'/\Phi$ par une courbe de Glaser ([2]). La comparaison des résultats avec les valeurs expérimentales montre que la représentation est précise.

1. Nous développerons le calcul dans le cas des lentilles convergentes, ce qui correspond à $\sigma < 1$. Dans ce cas, la courbe $T = \Phi'/\Phi$ présente, dans sa partie utile, c'est-à-dire pour $z > 0$, un maximum dont l'abscisse z_m est racine de l'équation

$$(\omega = 1.315) \qquad \frac{1}{2\omega d}\operatorname{Log}\frac{\operatorname{ch}\omega(z+d)}{\operatorname{ch}\omega(z-d)} = \frac{1}{1-\sigma} - \frac{\operatorname{sh} 2\omega d}{2\omega d}\,\frac{1}{\operatorname{sh} 2\omega z}$$

qu'il est facile de résoudre graphiquement. L'ordonnée du maximum est donnée par

$$T_m = -\,\omega\,\frac{\operatorname{sh} 2\omega z_m}{\operatorname{ch}\omega(z_m+d)\operatorname{ch}\omega(z_m-d)};$$

quant à l'ordonnée de la courbe pour $z = 0$ (valeur de T sur la grille) on a

$$T_1 = (\sigma - 1)\frac{\operatorname{th}\omega d}{d}.$$

Nous allons représenter cette courbe par une cloche de Glaser dont seule la partie correspondant à $z > 0$ sera physiquement utilisée. On posera donc

$$T = T_0\left[1 + \left(\frac{z - z_0}{a}\right)^2\right]^{-1}$$

et l'on déterminera les coefficients en faisant passer la courbe approchée par le maximum et l'ordonnée à l'origine de la caractéristique réelle. On a

$$T_0 = T_m, \qquad z_0 = z_m, \qquad a = z_m\left[\frac{T_0}{T_1} - 1\right]^{-\frac{1}{2}}.$$

Quant à la partie négative de la courbe, elle est symétrique par rapport à l'origine; on aura donc une représentation analogue avec

$$T'_0 = -\,T_0, \qquad z'_0 = -\,z_0, \qquad a' = a.$$

Les résultats ci-dessus sont relatifs au cas de la lentille de Cartan. On aura des formules analogues pour la lentille à deux cylindres en faisant tendre d vers zéro.

(*) Séance du 15 octobre 1951.

([1]) M. Bernard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 298.

([2]) P. Grivet et M. Bernard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 788.

2. L'équation de Picht peut s'intégrer rigoureusement dans chacune des moitiés de la lentille et l'on obtient

$$R = A\frac{\sin K(\varphi + B)}{\sin\varphi}, \qquad z - z_0 = \text{arctg}\,\varphi, \qquad K = \sqrt{1 + \frac{3}{16}T_0^2 a^2}.$$

Au premier ordre nous admettrons que la grille n'introduit pas de déviation sensible : on écrira donc que les valeurs de r et de dr/dz sont les mêmes de part et d'autre de la grille.

Les distances focales sont ici égales et de signe contraire; elles sont données par la formule

$$-\frac{1}{f_0} = \frac{1}{f_i} = -\frac{R'(+\infty)}{R(-\infty)},$$

ce qui conduit à

$$-\frac{1}{f_0} = \frac{1}{f_i} = -\frac{\sin^2 K\alpha}{\alpha K^2}\left[\frac{T_0 a}{2} + 2[K\,\text{cotg}\,K\alpha - \text{cotg}\,\alpha]\right],$$

α étant tel que $\text{cotg}\,\alpha = -(z_0/a)$.

D'autre part, un développement limité au voisinage de $z = \infty$ permet de trouver la position des foyers

$$z_{F_i} = -z_{F_0} = z_0 - \frac{T_0 a^2}{4} + f_i \sin^2 K a\left[1 + \frac{2}{K}\text{cotg}\,K\alpha\,\text{cotg}\,\alpha - \text{cotg}^2 K\alpha - \frac{T_0 a}{2K}\text{cotg}\,K\alpha\right].$$

3. Si σ est suffisamment voisin de 1, la distance focale se simplifie en posant $K \sim 1$. On a

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{2d}\,\frac{\Phi_1 - \Phi_0}{\Phi_0}\,\text{th}\,\omega d,$$

formule qui se réduit à celle proposée par Cartan ([3]) lorsque le facteur $\text{th}\,\omega d$ peut être égal à l'unité.

Les calculs numériques ont été faits dans le cas d'une lentille étudiée expérimentalement par Knoll et Weichart ([4]) pour laquelle $d = 1$. L'accord est excellent; les valeurs expérimentales sont lues sur un graphique qui ne s'étend que de 0,8 à 0,5.

σ	0,9.	0,8.	0,7.	0,6.	0,5.	0,4.	0,3.	0,2.
$\frac{1}{f_{\text{calc.}}}$	0,044	0,097	0,162	0,233	0,311	0,392	0,470	0,515
$\frac{1}{f_{\text{mes.}}}$	–	0,095	0,162	0,233	0,310	–	–	–
z_{F_i}	22,8	10,25	6,23	4,38	3,30	2,66	2,23	2,05

On peut vérifier à l'aide des nombres du tableau que l'abscisse du plan principal image $z_{p_i} = z_{F_i} - f_i$ est positive; les plans principaux d'une telle lentille ne sont pas croisés.

([3]) *J. Phys. Rad.*, **8**, 1937, p. 111.

([4]) *Z. Physik*, **110**, 1938, p. 233-236.

4. Si la lentille est divergente, ce qui correspond à $\sigma > 1$, on adopte la même représentation de la fonction T, mais la détermination des paramètres T_0, z_0 et a doit se faire autrement puisqu'il n'y a plus de maximum.

Le choix des coefficients est alors plus arbitraire car il y a moins de conditions obligatoires; nous ferons coïncider les courbes pour $z = 0$ et nous choisirons a de façon que l'aire limitée par les deux courbes et l'axe des z soit la même(²); nous pouvons encore disposer d'une condition que nous prendrons la plus simple possible : $z_0 = 0$. On a alors

$$T_0 = (\sigma - 1)\frac{\operatorname{th} \omega d}{d}, \qquad a = \frac{2}{\pi T_0}\operatorname{Log}\sigma.$$

Le calcul de f_i et de z_{F_i} se fera ensuite en utilisant les deux formules du paragraphe 2.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Fluorescence et absorption du stilbène cristallisé.* Note de M. **Paul Pesteil**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans deux Notes récentes (¹) et (²) sur la fluorescence et l'absorption du stilbène, nous avions conclu que la vibration réémise est parallèle au petit axe M de la molécule. Les faibles bandes d'absorption correspondaient également à des vibrations parallèles au petit axe.

Par suite de la confusion des deux axes 1 et 3 du cristal utilisé, ces conclusions sont à corriger comme il suit :

La vibration de fluorescence étudiée est prépondérante dans la direction du *grand axe* L.

Les bandes de faible absorption sont dues à des vibrations parallèles au *grand axe* L.

Les bandes de forte absorption sont dues à des transitions parallèles au *petit axe* M.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarque sur une mesure récente de la période du rubidium* 87. Note de MM. **Georges Charpak** et **Francis Suzor**, présentée par M. Frédéric Joliot.

S. C. Curran, D. Dixon et H. W. Wilson (¹) ont effectué récemment une mesure de la période de désintégration du ^{87}Rb. Ils ont déposé sur la surface

(¹) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 377.
(²) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 924.

(¹) *Phys. Rev.*, **84**, 1951, p. 151.

interne d'un cylindre d'aluminium, fonctionnant comme cathode d'un compteur proportionnel, une couche uniforme de chlorure de rubidium, d'épaisseur 0,128 mg:cm², sur une surface d'environ 800 à 900 cm². Trouvant que 0,10075 g de RbCl donnaient 1477 impulsions par minute et supposant que la réflexion par le support était de 7,5 % et l'absorption dans l'épaisseur même de la source de 4,5 %, les auteurs donnent comme valeur de la période du ^{87}Rb

$$\tau = (6,15 \pm 0,3) \times 10^{10} \text{ ans.}$$

La valeur de 7,5 pour cent pour la réflexion par le support d'aluminium a été tirée d'expériences ([2]) faites dans l'air, dans lesquelles le compteur Geiger-Müller, détecteur du rayonnement électronique, était vu de la source sous un angle solide au plus égal à $0,5 \times 2\pi$. Ces conditions ne sont pas celles des expériences de S. C. Curran, D. Dixon et H. W. Wilson dans lesquelles les électrons réfléchis par le support sont comptés dans un angle solide 2π. Par contre ces conditions de réflexion en arrière dans un angle solide 2π sont réalisées dans nos expériences ([3]). Celles-ci ont montré que la proportion de rayonnement renvoyé en arrière dans ces conditions par une épaisseur saturante d'aluminium était sensiblement indépendante de l'énergie des électrons [(33 ± 2) % pour ^{35}S et (35 ± 2) % pour ^{60}Co]. Ainsi la valeur que nous avons trouvée pour ^{35}S doit être valable pour ^{87}Rb et nous pensons qu'il faut appliquer aux expériences des auteurs la correction de 33 % au lieu de 7,5 % pour la réflexion par le cylindre d'aluminium. La valeur ainsi corrigée de la période du ^{87}Rb serait :

$$\boxed{\tau = (7,6 \pm 0,4) \times 10^{10} \text{ ans.}}$$

Rappelons qu'en 1948 O. Haxel, F. G. Houtermans et M. Kemmerich ([4]) par une mesure du rayonnement dans un angle solide 4π, ne faisant pas intervenir la réflexion par le support, ont trouvé pour ce même nuclide :

$$\tau = (6,5 \pm 0,6)\, 10^{10} \quad \text{et} \quad (6,9 \pm 0,7)\, 10^{10} \text{ ans,}$$

mais que ces mêmes auteurs par une méthode semblable à celle de S. C. Curran, D. Dixon et H. W. Wilson et prêtant à la même critique, ont trouvé la valeur plus faible

$$\tau = (5,8 \pm 0,5)\, 10^{10} \text{ ans.}$$

([2]) Conférence on Absolute β Counting-National Research Council USA oct. 1950.

([3]) *Journal de Physique et le Radium.* A paraître janvier 1952.

([4]) *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 1886 et *Zeits. f. Physik*, **124**, 1948, p. 705.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la diffusion des rayons* β.
Note de M. **Maurice Spighel**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Une série de recherches effectuées cette année dans les laboratoires de M. le Professeur Joliot peuvent se classer en deux catégories :

a. Les propriétés des β sont-elles identiques aux propriétés des électrons ([1]) ?

b. Les propriétés des β émis par une source mince sont-elles les mêmes après traversée de matière ? Les expériences de Yuasa et Radvanyi ([2]) signalaient un changement de propriétés.

Nos expériences comparent à quantité de mouvement déterminée les propriétés de diffusion des β avant et après traversée de matière.

Nous utilisons un spectrographe β à trajectoire circulaire de 180°. Perpendiculairement à 5° près au plan d'une fente, un faisceau monoénergétique à 8 % près passe par cette fente pour être finalement détecté par un compteur Geiger-Müller entouré d'une feuille de plomb percée d'une seconde fente de grandeur égale à la première. Devant la première fente nous pouvons placer des feuilles d'or jouant le rôle de diffuseur.

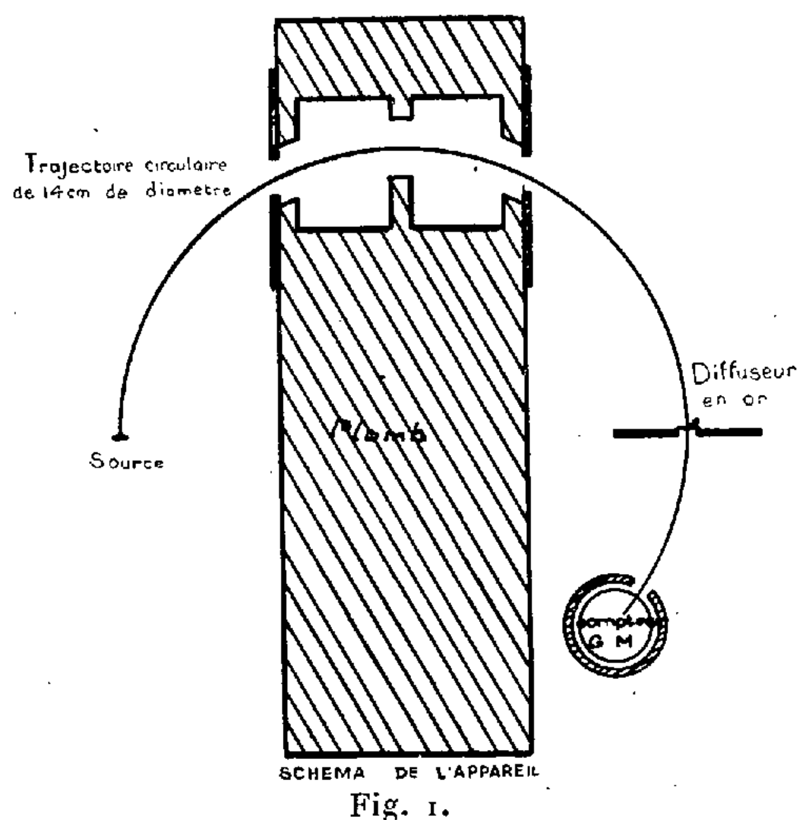


Fig. 1.

Sans diffuseur un nombre n_0 de coups est compté. Avec un diffuseur un nombre n de coups est compté. $(n_0 - n)/n_0$ est le pourcentage de β diffusé de plus de $5° \pm 1°30'$. Plus exactement c'est l'affaiblissement relatif du taux de comptage dans notre géométrie par l'interposition d'un diffuseur.

Sur les courbes ce pourcentage est porté en ordonnée et en abscisse est portée la masse superficielle du diffuseur en or. Pour une quantité de mouve-

([1]) G. Charpak et F. Suzor, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2308.

([2]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1417.

ment donnée je considère les valeurs correspondant à une source, soit sans écran devant, soit avec un écran de 10 mg:cm² de polyvinyl devant. Les β utilisés dans ce dernier cas proviennent donc d'une partie plus énergique du spectre, la différence d'énergie étant égale à la perte d'énergie dans la traversée de l'écran.

La source de 60 μC est du P^*_{32} de 14 jours déposé sur une feuille de formvar de 20 μg:cm² avec une couche d'aluminium de 30 μg:cm².

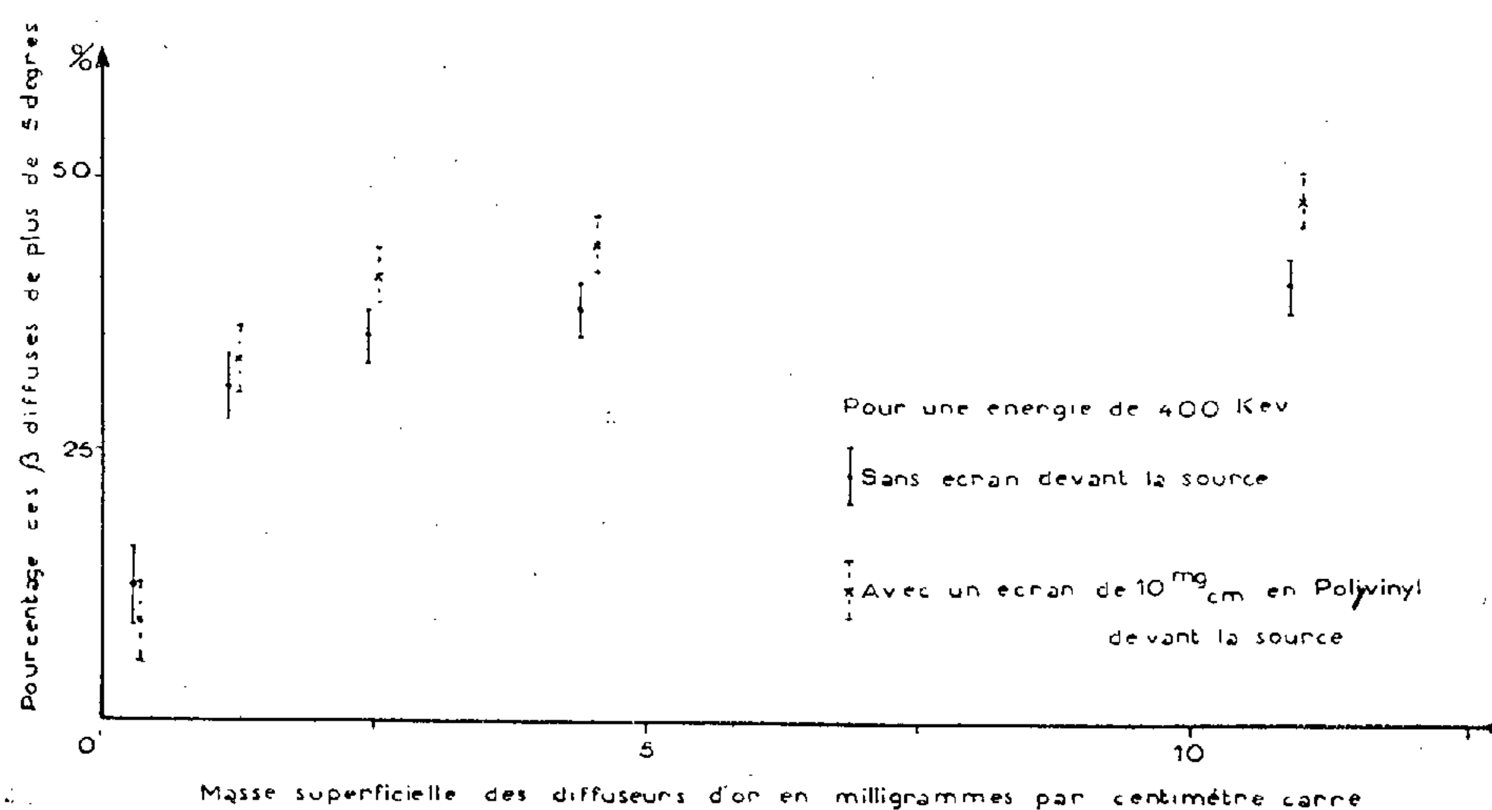


Fig. 2.

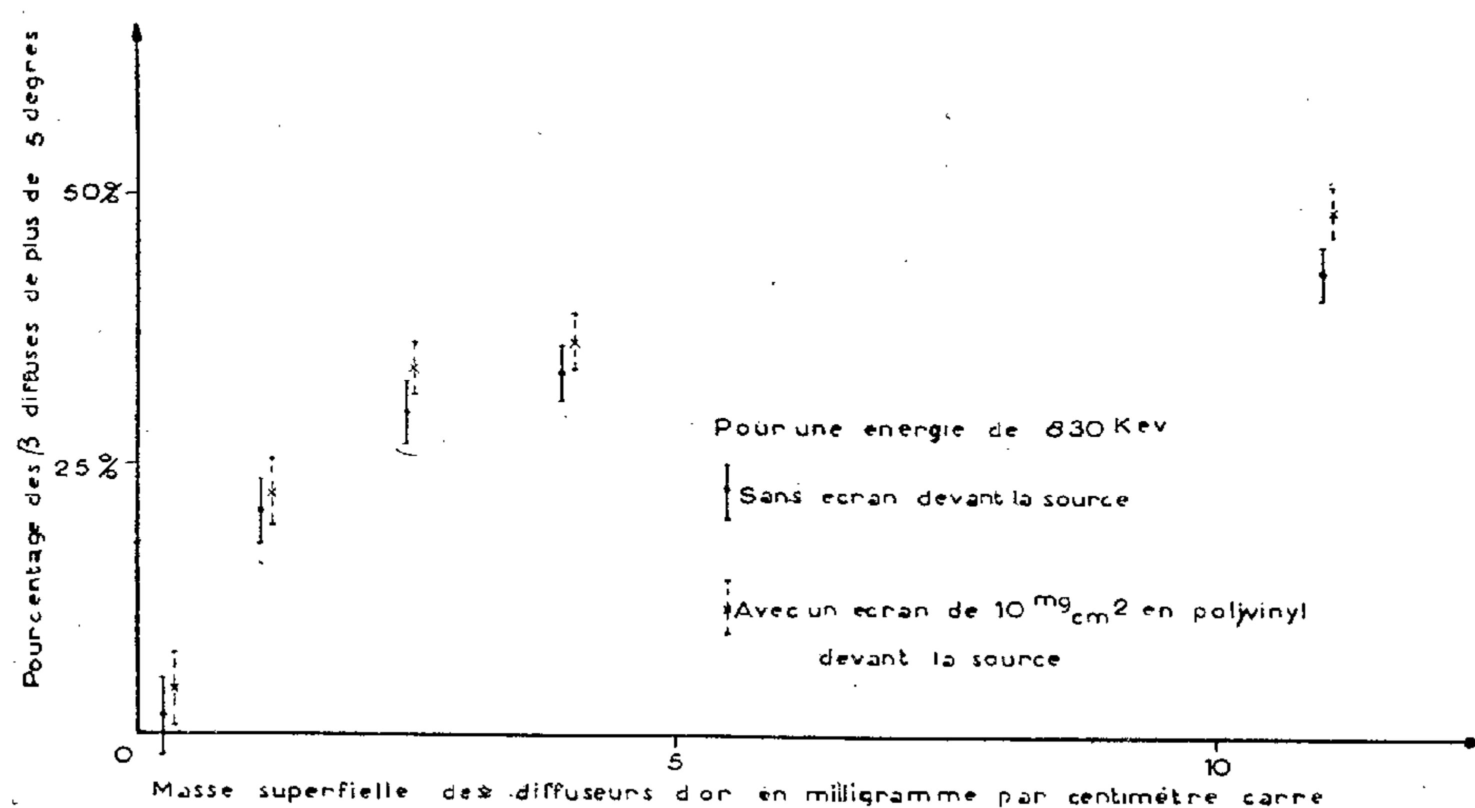


Fig. 3.

La densité moyenne du dépôt est faible; la densité locale peut atteindre 1 mg : cm².

Les deux diagrammes correspondent respectivement à une énergie de 400 et 830 keV. Les erreurs statistiques sont évaluées en prenant $\sqrt{2n}$ comme

grandeur de l'erreur possible sur un nombre n de coups comptés. Chaque valeur de n_0 et n par unité de temps est déterminée en comptant 10 000 coups.

1° Yuasa et Radvanyi ont étudié la diffusion β à la chambre de Wilson sans déterminer l'énergie. Avec un diffuseur en or de 1 mg : cm^2 nos résultats sont en désaccord avec les leurs : sans écran ou avec écran devant la source le pourcentage de β diffusés de plus de $5° \pm 1°30'$ est le même. Il faut cependant formuler la réserve :

a. que notre source est beaucoup plus épaisse que la leur, bien que déposée sur un support plus mince, 50 μg : cm^2 contre 500 μg : cm^2;

b. que la distance source-diffuseur est plus grande dans notre appareil que dans le leur, 21 cm contre 4 à 7 cm.

2° En analysant les deux diagrammes pour des diffuseurs de 4 à 11 mg : cm^2 en or, une légère anomalie systématique et de même allure nécessite pour l'interpréter de continuer ces expériences.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure précise de la période de quelques radioéléments.* Note de M. **Jacques Tobailem**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On a mesuré avec précision la période de quelques radioéléments, à l'aide d'une méthode d'ionisation différentielle; les résultats sont les suivants : ^{222}Rn (3,825 ± 0,005) j; ^{59}Fe (47,1 ± 0,5) j; ^{60}Co (5,27 ± 0,07) a; ^{67}Ga (77,9 ± 0,3) h.

1. La mesure précise de la période des radioéléments n'a été l'objet jusqu'ici que d'un petit nombre de travaux : indiquons ceux de J. H. Sreb (1) en 1951, sur ^{131}I(8 j) à 10^{-3} environ, de J. W. Cobble et R. W. Attebery (2) en 1950, sur ^{24}Na(15 h) à 3.10^{-3}, ^{38}Cl(37 mn) à 10^{-3}; mais la mesure la plus précise connue reste encore celle effectuée par I. Curie et C. Chamié (3) en 1924 sur ^{222}Rn(3,8 j) avec une précision de 5.10^{-4}. Pour des périodes de quelques années, on atteint à peine 1 % (4).

Toutefois pour obtenir de telles précisions, la principale méthode utilisable est celle de la chambre d'ionisation à collection totale, reliée à un système électrométrique stable et sensible (électromètre mécanique, lampe électromètre ou électromètre dynamique). On opère en général par méthode de zéro, ou par vitesse de déviation.

Nous avons entrepris les mesures à l'aide de la méthode d'ionisation différentielle utilisant une lampe électromètre; les premiers résultats obtenus sont satisfaisants.

---

(1) *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 643.
(2) *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 917.
(3) *J. Phys. Radium*, 5, 1924, p. 238.
(4) J. M. Hollander, R. F. Leininger, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 915.

2. *Dispositif expérimental.* — On a utilisé celui qui a servi à la mise en évidence de la variation de période du ^7Be en fonction du degré d'ionisation de l'atome ([5]). Il se compose essentiellement de deux chambres d'ionisation identiques, montées en opposition et dont les électrodes sont reliées à la grille d'une lampe électromètre; le circuit électrométrique est à compensation automatique. Le système électrométrique a une sensibilité de 5 000 mm : V et une grande stabilité (fluctuations du zéro inférieures à 2 mV par mois, en fonctionnement ininterrompu). Le courant dû au mouvement propre est de 5.10^{-15} A (correspondant à environ 30 paires d'ions par centimètre cube et par seconde). La sensibilité de la méthode, limitée par les fluctuations statistiques des sources et celles du mouvement propre, permet de mesurer avec une bonne précision des sources d'une fraction de microcurie (équivalent γ de radium dans les conditions expérimentales).

3. *Principe des expériences.* — On réalise initialement l'équilibre de façon que le courant produit par une des sources dans une des chambres soit compensé par celui produit par l'autre source; une faible variation de l'intensité de l'une des sources par rapport à l'autre se traduira par un déséquilibre du dispositif. Si l'une des sources est supposée constante par rapport à celle dont on veut mesurer la période, la mesure du déséquilibre permettra de déterminer la période inconnue.

On a utilisé comme référence des sources de Ra dont la période est très grande par rapport aux périodes mesurées. On réalise initialement le montage pour que les deux sources produisent le même courant dans les deux chambres : $I_0 = I_{Ra}$. Au temps t, on mesure le déséquilibre correspondant à $I_{Ra} - I = I_0(1 - e^{-\lambda t})$. On opère par mesure de vitesse de déviation : $v = S(I/C)$ (S, sensibilité en mm : V; C, capacité totale du montage); dans ce cas $v = V(1 - e^{-\lambda t})$ en appelant v et V les vitesses correspondant à $(I_0 - I)$ et I_0, d'où il résulte que $L[V/(V - v)] = \lambda t$.

En pratique il est difficile de déterminer avec précision l'instant précis de l'équilibre. Soit $t = t_0$ cet instant précis (t_0 est petit), on peut alors écrire $L[V/(V - v)] = \lambda t - \lambda t_0$. Cette fonction est une droite dont la pente donne la période à déterminer. L'analyse des mesures est effectuée par la méthode des moindres carrés.

4. *Résultats.* — On a étalonné le dispositif expérimental en mesurant la période bien connue du ^{222}Rn. La redétermination de la période du ^{60}Co (5,3 *a*) nous a permis d'étudier le fonctionnement de l'appareil (dérive du galvanomètre, de l'électromètre, etc.) pendant plusieurs mois. Nous avons pu obtenir pour cette période de 5 ans environ une précision de l'ordre de 1 %, meilleure que les mesures antérieures.

([5]) R. Bouchez, P. et R. Daudel, R. Muxart et A. Rogozinski, *J. Phys. Radium*, 10, 1949, p. 201.

On a résumé les résultats dans le tableau suivant :

Radio-élément.	Origine.	Valeurs de l'auteur.	Durée totale des mesures.	Valeurs antérieures.
^{222}Rn.	Institut Radium, Paris....	$(3,825 \pm 0,005)$ j	2 j	$(3,823 \pm 0,002)$ j (5) $(3,825 \pm 0,003)$ j (6)
^{59}Fe.	Harwell................	$(47,1 \pm 0,5)$ j	11 j	46,3 j (7)
^{60}Co.	Oak Ridge..............	$(5,27 \pm 0,07)$ a	32 j	$(5,26 \pm 0,17)$ a (8) $(5,25 \pm 0,21)$ a (9)
^{67}Ga.	Cyclotron 7 Me V, Paris...	$(77,9 \pm 0,3)$ h	2 j	$(78,2 \pm 0,5)$ h (10)

La méthode utilisée peut donner une plus grande précision encore; aussi nous travaillons actuellement à la réalisation d'un appareil qui devrait permettre d'obtenir une précision meilleure que 1 ‰ pour des périodes de l'ordre du mois, et que 1 % pour des périodes de plusieurs centaines d'années.

CHIMIE MINÉRALE. — *Existence d'une limite de décharge spontanée des ions cuivre sur le zinc métallique.* Note de Mme **Marguerite Bancie-Grillot** et M. **Edmond Grillot**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Détection d'ions Cu^{++} jusqu'à 10^{-9} ion-g : l par emploi de radio-cuivre 64. Application à l'étude de la décharge spontanée des ions Cu^{++} sur Zn, en vue de contrôler la préparation de SZn luminescent exempt de Cu. Mise en évidence d'une limite de purification égale à 5.10^{-6} g de Cu par gramme de Zn dans une solution bouillante de SO_4Zn à 10 %.

La valeur de la constante d'équilibre $K = [Zn^{++}]/[Cu^{++}]$ de la réaction



$$Zn + Cu^{++} \rightleftharpoons Zn^{++} + \underset{\downarrow}{Cu}$$

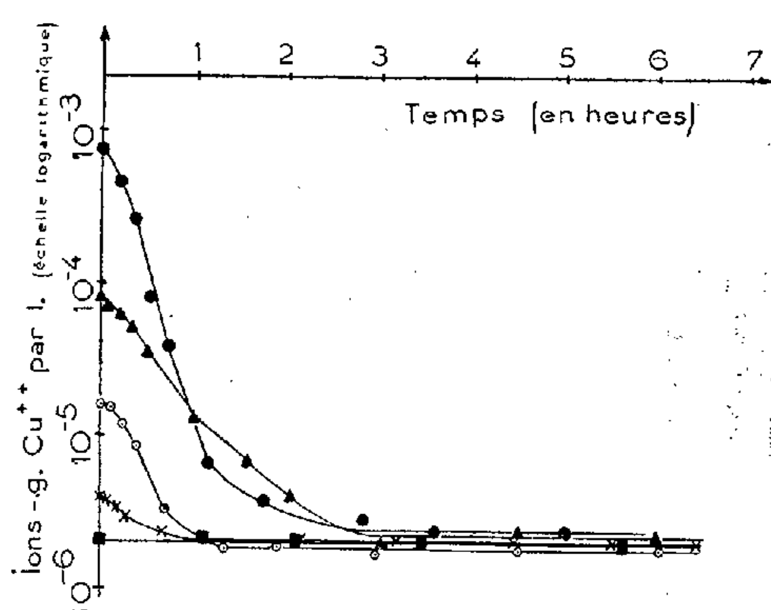
étant considérée de l'ordre de 10^{30} (1), on admet généralement qu'une lame de zinc immergée dans une solution aqueuse contenant des ions cuivre est le siège du dépôt intégral de ce métal. Jusqu'ici, cette assertion s'est trouvée vérifiée expérimentalement, dans la limite des précisions analytiques (2). C'est

(6) W. Bothe, *Z. f. Phys.*, 16, 1923, p. 266.
(7) J. A. Swartout, *Plutonium Project Report*, Mon N 243, janv. 1947, p. 4.
(8) G. L. Brownell et G. J. Maletskos, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 1102.
(9) W. K. Sinclair et A. F. Holloway, *Nature Lond.*, 167, 1951, p. 365.
(10) D. A. Mc. Cown, L. L. Woodward et M. L. Pool, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1311.

(1) La formule $K = e^{2F(\pi_{Cu}-\pi_{Zn})/RT}$ dans laquelle π est le potentiel normal d'électrode du métal considéré, qui est valable si les ions en solution ont une activité totale unité, conduit à des valeurs de K de 10^{38} à 0° C et 10^{28} à 100° C.
(2) *Voir* notamment : S. Glasstone, *Electrochimie des solutions*, Alcan, Paris, 1936, p. 371.

pourquoi la seule méthode actuellement retenue pour l'élimination des dernières traces de cuivre dans la préparation du sulfure de zinc exempt de ce luminogène consiste à faire circuler plusieurs fois la solution chaude d'un sel de zinc dans une longue colonne contenant du zinc pur ([3]) et ([4]).

Le sulfure de zinc obtenu à partir de ces solutions purifiées, sans addition de luminogène étranger, peut présenter une luminescence bleue. Or nous avons préparé du sulfure de zinc de photoluminescence bleue, le luminogène étant du cuivre introduit en proportions notables ([5]). Des doutes concernant l'absence rigoureuse de cuivre dans le premier étaient donc permis. La recherche d'une méthode de contrôle, beaucoup plus sensible que celles utilisées jusqu'alors pour suivre cette opération de purification du sel de zinc nous a semblé s'imposer.



L'examen colorimétrique, au moyen de diéthyldithiocarbamate de sodium et sous une épaisseur de 50 cm, d'une solution concentrée de sulfate de zinc ayant bouilli plusieurs jours au contact de zinc pur nous a fait pressentir qu'il y subsiste des traces de cuivre Cependant, nous trouvant au voisinage du seuil de sensibilité de cette méthode d'analyse, qui dans ces conditions est de l'ordre de 2.10^{-6} ion-g Cu^{++} par litre, aucune conclusion décisive ne pouvait être ainsi apportée.

L'emploi de sulfate de cuivre soumis pendant 64 h au flux maximum de neutrons de la pile de Chatillon nous a permis d'accroître considérablement la sensibilité de détection des ions cuivre en solution. En effet, dissolvons dans l'eau 2.10^{-10} mol-g de ce sel, ainsi marqué par la présence de radiocuivre 64 qui s'est formé par réaction (n, γ). Puis, grâce à un appoint d'ions cuivre ordinaires, entraînons la quasi-totalité du ^{64}Cu à se déposer rapidement sur

([3]) R. Ward, *Preparation and characteristics of solid luminescent materials*, Symposium Cornel University, New-York, 1948, p. 28.

([4]) H. W. Leverenz, *An introduction to luminescence of solids*, New-York, 1950, p. 473-474.

([5]) E. Grillot et M. Bancie-Grillot, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 966-968.

l'une des faces d'une pastille de zinc. L'activité manifestée alors par celle-ci qui, après une période (12h8) du radiocuivre représente encore 15 % du mouvement propre de notre compteur Geiger-Müller, peut être considérée comme la limite mesurable. Il en résulte que, grâce à cette technique et avec une prise d'essai de 200 cm^3, on peut encore déceler le cuivre dans une solution qui en contient 10^{-9} ion-g : l, quelle que soit d'ailleurs la concentration des ions zinc auxquels il peut être mélangé.

En introduisant des quantités connues, toujours très faibles, de ce cuivre marqué dans 500 cm^3 de solution bouillante de sulfate de zinc à 10 %, nous avons pu suivre la cinétique de son dépôt spontané sur 10 g de zinc en aiguilles, pur pour analyses. Le phénomène observé pour différentes concentrations initiales en ions cuivre ordinaires marqués est représenté sur le diagramme ci-contre. On voit que, pour un liquide de composition donnée, la vitesse de dépôt du cuivre dépend dans une large mesure de l'état de la surface sur laquelle il se dépose, c'est-à-dire de la quantité qui y a été préalablement déposée. Cependant, toutes les courbes présentent la même allure générale : rapidement décroissantes au début, elles aboutissent à un palier horizontal qui est pratiquement le même pour toutes. L'existence d'une limite de décharge spontanée des ions Cu^{++} sur le zinc métallique apparaît donc certaine. Dans une solution de sulfate de zinc à 10 %, à la température d'ébullition, cette limite est atteinte lorsque la concentration des ions Cu^{++} est abaissée à $(2 \pm 0,3.)10^{-6}$ ion-g : l. En conséquence, dans les conditions présentes, l'élimination des ions cuivre en solution ne peut être poursuivie par ce procédé au delà de 5.10^{-6} g Cu par gramme Zn. Cette proportion est largement suffisante pour que le cuivre agisse comme luminogène dans le sulfure de zinc que l'on pourrait préparer à partir de cette solution.

La nature du phénomène qui limite la décharge spontanée des ions cuivre sur le zinc reste à préciser. Nous poursuivons nos recherches pour tenter de résoudre cette question et, si possible, d'obtenir une élimination contrôlée plus poussée des dernières traces de cuivre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode spectrophotométrique d'étude de l'hydratation des aldéhydes.* Note (*) de MM. **Paul Rumpf** et **Claude Bloch**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'éthanal et le méthyl-2 propanal ont été étudiés dans des mélanges eau-dioxane : la critique des résultats montre que la méthode, quoique imprécise, permet de comparer l'hydratation d'aldéhydes de structures voisines, même insolubles dans l'eau pure.

Divers auteurs ont utilisé l'affaiblissement de la bande du carbonyle, située

(*) Séance du 19 novembre 1951.

entre 2650 et 2950 Å, pour évaluer le taux d'hydratation d'aldéhydes aliphatiques en solution aqueuse. Afin d'étendre cette étude à des aldéhydes trop peu solubles ou trop hydratés pour donner dans l'eau pure une bande perceptible, nous avons envisagé d'ajouter à l'eau un solvant indifférent, totalement miscible, transparent dans le proche ultraviolet. La méthode a été mise au point, à l'aide d'un spectrophotomètre Beckman, sur l'éthanal et le méthyl-2 propanal dans divers mélanges d'eau et de dioxane.

La constante de dissociation de l'hydrate est donnée par :

$$K = \frac{(\text{aldéhyde non hydraté})\,(\text{eau})}{(\text{aldéhyde hydraté})} = \frac{a(b-c+a)}{(c-a)} \# \frac{ab}{c-a},$$

où a est la concentration du groupement carbonyle libre $= d/l\varepsilon_{th}$; c, la concentration totale de l'aldéhyde; d étant la densité optique donnée par le spectrophotomètre; l, l'épaisseur de la cuve d'absorption en centimètres $(=1)$; ε_{th}, le coefficient d'extinction maximum *réel* de l'aldéhyde non hydraté dans le solvant utilisé; et b, l'eau totale introduite, en molécules par litre. En appelant ε_m le coefficient d'extinction maximum *apparent* de l'aldéhyde, d/lc, on peut écrire $K \# b.\varepsilon_m/(\varepsilon_{th}-\varepsilon_m)$.

La détermination de ε_{th} soulève une première difficulté : comme l'ont souligné Herold et Wolf [1], l'exemple des cétones non hydratées montre que l'absorption du carbonyle est plus intense dans l'eau que dans les solvants inertes. D'où l'idée d'introduire un terme correctif déduit de l'étude de cétones dont le maximum d'absorption présente dans les solvants inertes un coefficient d'extinction voisin de celui de l'aldéhyde étudié et subit un changement de fréquence comparable lorsqu'on passe d'un solvant à un autre. En posant, pour un même solvant, simple ou mixte, $\varepsilon_{th} = \varepsilon_{\text{cétone}}.\varepsilon_{\text{aldéhyde (dioxane)}}/\varepsilon_{\text{cétone (dioxane)}}$, on trouve pour l'éthanal dans l'eau pure 18,1 ou 19,3 selon que l'on se réfère à la propanone ou à la butanone, ce qui montre le caractère arbitraire du choix de la « cétone de comparaison ». D'autre part, il faut tenir compte des erreurs de mesures : $d\varepsilon/\varepsilon \# \pm 2\ \%$. Le calcul montre que dK/K est égal au produit de $d\varepsilon/\varepsilon$ par le terme $\varepsilon_{th}/(\varepsilon_{th}-\varepsilon_m)$, toujours plus grand que 1. Ainsi l'erreur sur K varie en fonction inverse de la concentration de l'aldéhyde hydraté, et le calcul de cette constante perd toute signification au-dessous de 10 % d'eau (*voir* tableau). D'ailleurs, dans ces mêmes mélanges, la variation de ε en fonction de la concentration de l'eau présente des irrégularités difficiles à interpréter.

On voit que : 1° dans tous les cas étudiés, les valeurs trouvées pour K augmentent quand la concentration de l'eau diminue, ce qui semble indiquer que, lorsqu'on ajoute du dioxane, l'activité de l'eau diminue plus vite que sa concentration; 2° pour le méthyl-2 propanal, la comparaison à deux cétones

---

(1) *Physik. Chem.*, (B), 12, 1931, p. 165-193.

Solvant.	Éthanal par rapport à la butanone. K.	Éthanal par rapport à la butanone. Erreur relative (%). $\frac{dK}{K}$.	Méthyl-2 propanal par rapport à la méthyl-3 butanone-2. K.	Méthyl-2 propanal par rapport à la méthyl-3 butanone-2. Erreur relative (%). $\frac{dK}{K}$.	Méthyl-2 propanal par rapport à la méthyl-4 pentanone-2. K	Méthyl-2 propanal par rapport à la méthyl-4 pentanone-2. Erreur relative (%). $\frac{dK}{K}$.
Eau..................	$\frac{6,89}{12,41}\cdot 55,5 = 30,8$	$\frac{19,3}{12,41}\cdot 2 = 3,1$	$\frac{12,9}{17,96}\cdot 55,5 = 39,9$	$\frac{30,86}{17,96}\cdot 2 = 3,4$	$\frac{12,9}{16,6}\cdot 55,5 = 43,15$	$\frac{29,5}{16,6}\cdot 2 = 3,5$
Dioxane + 75 % eau...	–	–	$\frac{14,21}{13,66}\cdot 41,72 = 43,4$	$\frac{27,87}{13,66}\cdot 2 = 4,1$	$\frac{14,21}{13,61}\cdot 41,72 = 43,55$	$\frac{27,82}{13,61}\cdot 2 = 4,1$
» + 50 % » ...	$\frac{10,01}{8,02}\cdot 27,75 = 34,6$	$\frac{18,03}{8,02}\cdot 2 = 4,5$	$\frac{17,27}{8,68}\cdot 27,78 = 55,3$	$\frac{25,95}{8,68}\cdot 2 = 6,0$	$\frac{17,27}{8,23}\cdot 27,78 = 56,3$	$\frac{25,5}{8,23}\cdot 2 = 6,2$
» + 35 % » ...	–	–	$\frac{18,34}{6,29}\cdot 18,95 = 55,25$	$\frac{24,63}{6,29}\cdot 2 = 7,8$	$\frac{18,34}{6,03}\cdot 18,95 = 57,63$	$\frac{24,37}{6,03}\cdot 2 = 8,1$
» + 20 % » ...	$\frac{13,1}{4,36}\cdot 11,11 = 33,4$	$\frac{17,46}{4,36}\cdot 2 = 8$	$\frac{20,58}{3,42}\cdot 11,1 = 66,8$	$\frac{24,0}{3,42}\cdot 2 = 14$	$\frac{20,58}{2,44}\cdot 11,1 = 93,6$	$\frac{23,02}{2,44}\cdot 2 = 19$
» + 10 % » ...	$\frac{14,95}{1,92}\cdot 5,55 = 43,3$	$\frac{16,87}{1,92}\cdot 2 = 17,6$	$\frac{21,3}{1,44}\cdot 5,58 = 82,5$	$\frac{22,74}{1,44}\cdot 2 = 31,6$	$\frac{21,39}{0,51}\cdot 5,58 = 233$	$\frac{21,8}{0,51}\cdot 2 = 85$

Nota. — Les valeurs des ε utilisées pour le calcul de K sont, dans la plupart des cas, des moyennes de plusieurs mesures.

différentes fournit des valeurs de K relativement proches pour les mêmes concentrations en eau entre 35 et 100 % : le choix plus ou moins arbitraire d'une cétone comparable à l'aldéhyde n'introduit qu'une divergence d'environ 3 % ; 3° compte tenu de toutes les possibilités d'erreurs, les constantes approximatives déterminées pour deux aldéhydes relativement proches sont d'ordres de grandeur suffisamment différents pour permettre de distinguer ces aldéhydes, à condition de les comparer pour une même concentration d'eau : on peut ainsi étudier les dérivés carbonylés insolubles dans l'eau pure.

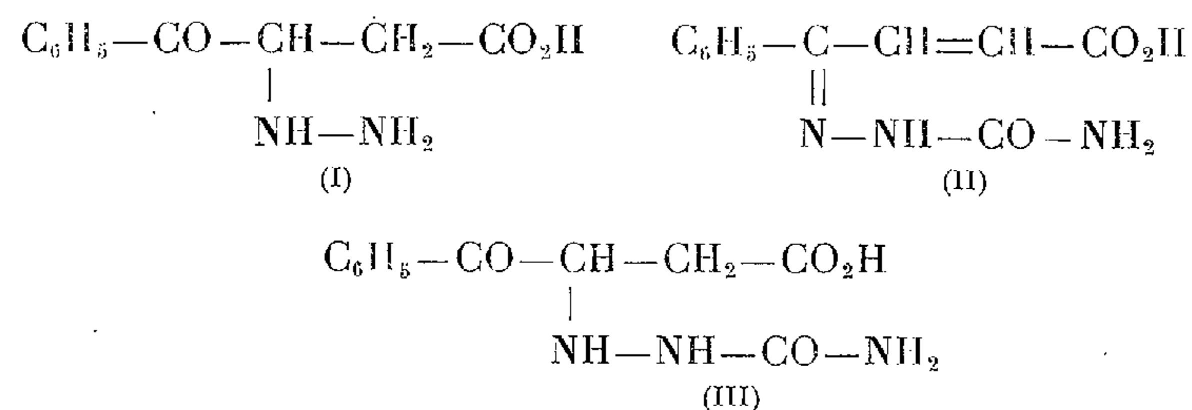
CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'hydrazine et de la semicarbazide sur les esters de l'acide β-benzoylacrylique.* Note de MM. **Raymond Delaby, Pierre Chabrier** et Mlle **Simone Danton**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il y a de notables différences dans l'action de l'hydrazine et de la semicarbazide sur les esters de l'acide β-benzoylacrylique et sur l'acide lui-même. Les expériences résumées dans cette Note confirment l'affaiblissement dans ses esters du pouvoir accepteur de la double liaison α-β de cet acide.

Nous avons précédemment indiqué (1) une préparation des esters β-benzoylacryliques par estérification directe de l'acide correspondant avec l'aide d'azéotropes, ainsi que les résultats de leur halogénation et de leur amination.

Poursuivant la comparaison des propriétés de ces esters avec celles de l'acide β-benzoylacrylique, nous rapportons ci-après l'étude de l'action de l'hydrazine et de la semicarbazide.

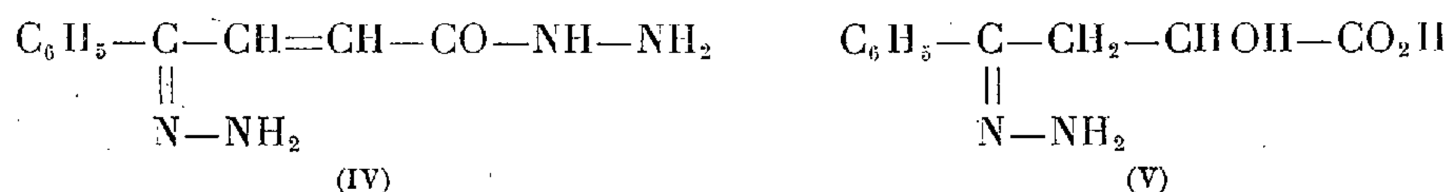
Concernant l'acide, et d'après J. Bougault et P. Chabrier (2), l'hydrazine se fixe sur la double liaison en conduisant à l'hydrazide (I), tandis que la semicarbazide donne, selon les conditions expérimentales, la semicarbazone (II) ou la semicarbazide (III)



A. L'action de l'hydrate d'hydrazine sur les esters est toute différente. En milieu alcoolique ce réactif, introduit en excès, aboutit invariablement à l'obtention d'une même substance, fusible à 150°, quel que soit l'ester choisi.

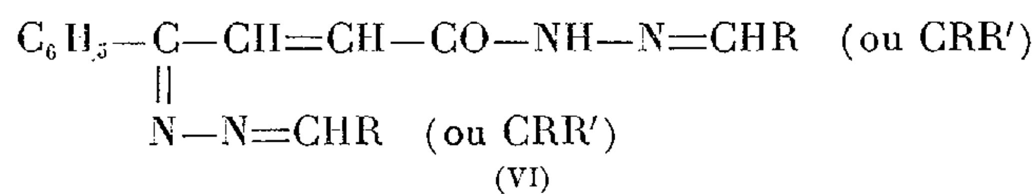
(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2326.
(2) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1952.

Ce composé, très peu soluble à froid dans l'eau, l'alcool ou l'éther, est purifié par cristallisation dans l'alcool à 50°. Il absorbe facilement le brome et ne réduit pas le réactif de Nessler à froid. Ces faits, joints aux résultats de l'analyse élémentaire, conduisent à lui attribuer la structure d'une hydrazone-hydrazide (IV) :



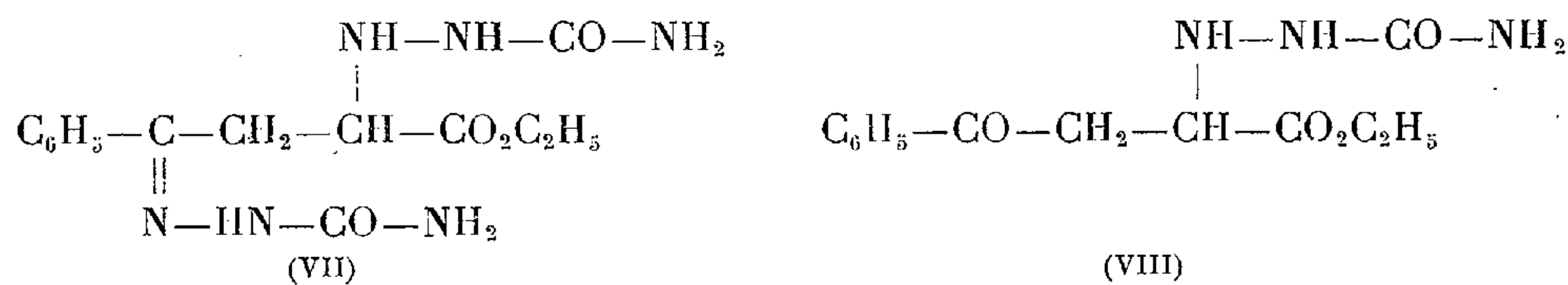
De plus, traitée par l'acide chlorhydrique en milieu acétique, cette substance perd une molécule d'hydrazine, caractérisable à l'état de sulfate, et fixe les éléments de l'eau sur la double liaison; on aboutit ainsi à l'hydrazone de l'acide α-hydroxy β-benzoyl propionique (V). Ce résultat est à rapprocher du fait que J. Bougault obtint ce même acide par action, à chaud, des acides minéraux dilués sur l'acide β-benzoylacrylique.

Enfin, la substance (IV) fusible à 150° se combine aux aldéhydes et aux cétones pour donner des hydrazides-trihydrazones de structure (VI), confirmée par les analyses élémentaires :



Aldéhyde ou cétone combinée.	Fusion de l'hydrazide-trihydrazone.
Benzaldéhyde	230°
Aldéhyde anisique	190
Vanilline	177
p-diméthylaminobenzaldéhyde	286
Acétophénone	210

B. Grace Potter Rice ([3]), étudiant l'action de la semicarbazide sur l'ester éthylique de l'acide β-benzoylacrylique, a isolé, selon les proportions relatives des corps réagissants, deux composés auxquels l'auteur attribue les structures (VII) et (VIII), composés fusibles respectivement à 187° et à 152° :



Dans des conditions identiques, nous obtenons également deux composés distincts qui possèdent la même composition centésimale que les substances

([3]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 45, 1923, p. 222.

décrites précédemment; toutefois la semicarbazide-semicarbazone fond à température notablement plus élevée, 221° contre 187°, tandis que la semicarbazide a le même point de fusion 152°.

La continuation de cette étude comparée de la réactivité de la liaison éthylénique dans l'acide β-benzoylacrylique et dans ses esters, confirme les observations de notre première Note : la diminution du pouvoir accepteur de cette liaison dans les esters, singulièrement pour l'hydrazine.

MINÉRALOGIE. — *Sur la destruction spontanée des réseaux cristallins de minéraux radioactifs.* Note de M. **Paul Pellas**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les minéraux étudiés sont des minéraux radioactifs naturels. Les rayonnements qui interviennent sont les rayons α et les noyaux de recul. Nous négligerons les rayons β et γ qui n'exercent pas d'effets durables modifiant les caractéristiques des réseaux étudiés (le changement de couleur du zircon a très peu d'effets sur ses propriétés physiques). Les types de réseaux qui nous intéressent sont caractérisés par : *a.* leurs liaisons partiellement covalentes; *b.* leurs liaisons ioniques. Les effets de ces rayonnements sur l'état solide en général ont été étudiés qualitativement par différents auteurs ([1]) et d'une manière plus approfondie par F. Seitz ([2]).

Réseaux partiellement covalents. — Au-dessous d'un certain seuil de vitesse et plus précisément à partir de l'instant où la vitesse de la particule lourde est inférieure à la vitesse électronique de l'orbite la plus externe, la perte d'énergie par ionisation cesse brusquement et la particule vient à l'état de repos, après avoir effectué une série de chocs élastiques avec les atomes du réseau. Un atome frappé pourra à son tour, si son énergie acquise est suffisante, déplacer un nouvel atome du réseau et ainsi de suite jusqu'au moment où l'énergie de la particule primaire ou des atomes frappés secondaires et tertiaires, sera trop faible pour briser les liaisons des atomes dans le réseau. Ces *effets Wigner* ont pour résultat de déplacer de leur position réticulaire normale les atomes du réseau et de les placer en position d'insertion. Les vides réticulaires qui en résultent faciliteront ultérieurement les phénomènes de diffusion ([3]).

Le réseau cristallin se transforme d'un état où l'énergie libre était minimum en un état énergétique plus élevé, métastable. Si l'irradiation a été assez intense, la structure cristalline acquiert un caractère amorphe (*état méta-*

(1) Burton, *J. Phys. Colloid Chem.*, 51, 1497, p. 611; *Ann. Rev. Phys. Chem.*, 1, 1950, p. 113; Allen, *Sci. Eng. Nucl. Power*, 2, 1948, p. 207; Slater, *J. Appl. Phys.*, 22, 1951, p. 237.

(2) *Disc. Farad. Soc.*, 5, 1949, p. 271.

(3) Rozenquist et Garwick, *Geol. Förh. Stockholm*, 71, 1949, p. 57.

micte); les rayons X ne révèlent plus de plans de réflexion privilégiée, la biréfringence disparaît, la dureté et la densité se modifient, le minéral devient optiquement vitreux. Mais il diffère d'un verre commun en ce sens que, si on lui fournit une certaine énergie d'activation, il recristallise imparfaitement (microcristallinité) au cours d'une réaction exothermique. Il s'ensuit que pour une même espèce minérale, la quantité de chaleur dégagée lors de la recristallisation est proportionnelle au flux reçu par le réseau, jusqu'à un certain point de la détérioration réticulaire, à partir duquel le taux de désordre ayant atteint son maximum, la réaction exothermique dégage une même quantité d'énergie pour des intensités de flux, même beaucoup plus importantes.

Réseaux ioniques. — Dans ce cas, les atomes du réseau déplacés par effet Wigner, réacquièrent presque instantanément une place équivalente à celle qui était la leur dans le réseau non perturbé. Cela explique pourquoi une uraninite vieille environ de 2 milliards d'années, et qui a reçu un flux équivalant à $5,6.10^{20}$ α:cm^2, présente encore dans ses diagrammes de poudre les raies caractéristiques de la symétrie UO_2. Il en est de même pour une xénotime (YPO_4) ayant subi une irradiation équivalant à 1.10^{19} α:cm^2, et une monazite (La, Ce, Y)PO_4 pour un flux équivalant à $2,7.10^{19}$ α:cm^2, qui maintiennent toujours leur structure cristallisée. Nous constatons ainsi que des irradiations extrêmement intenses de solides à liaisons ioniques, à la température normale, ne brisent pas la structure réticulaire de ces derniers. Plus précisément, le taux de reformation des mailles cristallines égale leur taux de destruction par effet Wigner.

Évaluations des flux de rayonnements. — Le résultat des calculs théoriques ([2]) appliqué au cas des noyaux de recul des radioéléments naturels, montre qu'un atome de recul primaire déplace, en moyenne, 1 000 atomes, dans les types de réseau qui nous intéressent, à la suite de chocs élastiques. D'une manière identique, le calcul permet de considérer qu'un rayon α déplace en moyenne 100 atomes du réseau.

En modifiant la formule établie pour l'autoradiographie par rayons α ([4]), on obtient en tenant compte du temps d'irradiation T (âge géologique du minéral évalué en secondes) et de l'effet de destruction dix fois plus intense dû aux noyaux de recul :

$$N = (4,25\,U + 1,21\,Th)\,K'T,$$

où N représente le flux équivalent de rayons α émis dans l'angle solide 4π par une couche de minéral de 1 cm^2 de surface et d'épaisseur égale au parcours moyen des rayons α dans le minéral, U et Th le pourcentage en uranium et en thorium du minéral, K' un coefficient d'absorption dépendant de la concen-

([4]) I. Curie, *J. Phys.*, 11, 1946, p. 313; Nogami et Hurley, *Trans. Amer. Geophys. Union*, 29, 1948, p. 335; Coppens, *Bull. Soc. Miner.*, 73, 1950, p. 217; Picciotto, *Bull. Soc. Belge Géol.*, 58, 1949, p. 76.

tration C, du pouvoir d'arrêt s et du poids atomique A des constituants du minéral, de telle sorte que $K' = 0{,}85/[\Sigma(C_s/A)]$.

Nous avons étudié trois espèces minérales qui, dans la plupart des cas, présentent la transformation en l'état métamicte. Les intensités minimum de flux nécessaires à la modification des réseaux originellement anisotropes de ces trois minéraux, en réseaux optiquement amorphes, sont :

Allanite : $H(Ca, Fe)_2(Al, Fe, Ce, Y)_3Si_3O_{12}$	$2{,}3(\pm 20\,\%).10^{17}\alpha{:}cm^2$
Fergusonite : $(Y, Er)_8(Nb, Ta, Ti)_8O_{32}$	$4(\pm 20\,\%).10^{17}$ »
Thorite : $ThSiO_4$	$1(\pm 10\,\%).10^{19}$ »

L'allanite et la fergusonite présentent des stabilités réticulaires assez proches l'une de l'autre. La thorite présente une stabilité réticulaire bien plus grande que les approximations faites ne sauraient expliquer. Nous suggérons que la cause de cette plus grande stabilité doit être recherchée dans le caractère ionique plus marqué des liaisons internes du réseau $ThSiO_4$.

MINÉRALOGIE. — *Recherches sur les conditions de formation des alumino-silicates ferreux d'origine secondaire.* Note de M[me] **MARTHE BIRDSALL (PROIX-NOE)**, présentée par M. Charles Mauguin.

Des alumino-silicates ferreux stables peuvent être préparés en milieu marin et ils ont tendance à s'organiser suivant une structure définie. Leur organisation cristalline et leur déshydratation peuvent être modifiées par un vieillissement artificiel du colloïde primitif.

Les conditions physico-chimiques de la genèse des alumino-silicates ferreux hydratés (glauconie, céladonite, greenalite) ont donné lieu à de nombreuses spéculations ([1]). La glauconie est le minéral qui a été le plus étudié. Tous les auteurs sont d'accord pour lui reconnaître une origine marine. Elle paraît se former dans des fonds marins allant de 20 m à 200 m. A ces profondeurs, on peut supposer que l'évolution des matières organiques ainsi que l'activité des associations biologiques crèent un milieu pauvre en oxygène avec des variations locales de pH ([2]).

C'est en considérant ces facteurs qu'il a été essayé de reconstituer les conditions de formation d'un alumino-silicate ferreux hydraté.

Mode opératoire. — De l'eau de mer simple ou diluée a été prise comme milieu, considérant avec Hendricks et Ross ([1]), qu'elle pouvait éventuellement fournir le magnésium et le potassium. Le fer, l'alumine et la silice provenant de l'altération des roches ont été fournis par les sulfates correspondants et le

([1]) MURRAY et RENARD, *Challenger Report*, 1891, p. 378; E. W. GALLIHER, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 1935, p. 1351; F. JOLLIFEE, *Amer. Min.*, 20, n° 6, 1935, p. 405; S. B. HENDRICKS et C. S. ROSS, *Amer. Min.*, 26, 1941, p. 683.

([2]) ZOELL, *J. Sediment. Petrology*, 12, 1942, p. 127.

silicate de potassium. La neutralisation des ions libérés par la précipitation s'est faite avec une solution de potasse normale. Les proportions utilisées sont dans un rapport stœchiométrique dans la mesure où les éléments constitutifs de la glauconie peuvent l'être.

En prenant pour bases les travaux de M. Sabatier et de J. W. Gruner (³), il a été adopté les pourcentages moyens suivants : SiO_2, 50 % ; Fe_2O_3, 13 % ; FeO, 7 % ; Al_2O_3, 10 % ; MgO, 3 % ; K_2O, 7 %.

Si l'on effectue une coprécipitation partielle du fer ferreux et de la silice par le silicate dilué, puis la précipitation progressive de la silice par l'eau de mer contenant Fe^{+++} et Al^{+++}, le pH évolue vers les zones acides. En ajustant le pH entre 7,6 et 8,3 tout Fe^{++}, Fe^{+++} et Al^{+++} précipitent, on obtient un produit vert « glauconieux » qui s'oxyde lentement à l'air. Une ébullition rapide de 50 mn stabilise le gel qui sèche à l'air sans s'altérer. Différents modes de vieillissement du gel ont été essayés. On a des résultats intéressants en traitant le gel avec de l'acétone et de l'éther ou à l'autoclave pendant 3 h sous 2,5 atm de pression.

Résultats. — Suivant le mode de traitement après l'ébullition on obtient des produits allant du gris vert ou jaune pâle au vert « glauconieux ».

Les gels traités par l'acétone et l'éther ont donné à l'analyse aux rayons X des diagrammes de poudres identiques, avec une raie à 8,13 Å et une ébauche de raies difficiles à apprécier sur deux échantillons, mais tout à fait identifiables sur le troisième. Ils contiennent de 30 à 40 % d'eau. Les produits traités à l'autoclave sont verts « glauconieux », ils ne contiennent plus que 12 à 14 % d'eau. Cependant les diagrammes ne donnent que quelques raies assez étalées indiquant un début d'organisation.

Produit A $\left(\frac{\text{acétone}}{\text{éther}}\right)$ (Å).	Produit B (autoclave) (Å).	Produit A $\left(\frac{\text{acétone}}{\text{éther}}\right)$ (Å).	Produit B (autoclave) (Å).
8,13 tF	–	2,88 f	2,60 f
4,92 tF	4,60 F	2,59 f	1,69 tF
4,46 m	–	1,27 tF	1,52 tF

Le tableau ci-dessus met en évidence l'évolution des produits suivant le mode de vieillissement adopté. Les spectres de rayons X sont différents. Le nombre de raies dans le diagramme de A ainsi que leur netteté montrent une organisation cristalline beaucoup plus avancée que dans le produit B.

Ce n'est que par la connaissance des facteurs qui entrent en jeu au moment du vieillissement que l'on pourra déterminer les différentes possibilités d'organisation cristalline du colloïde et orienter la cristallisation dans le sens recherché.

(³) G. SABATIER, *Thèse*, 1949, Masson, Paris; J. W. GRUNER, *Amer. Min.*, 20, 1935, p. 699.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des complexes détritiques subbriançonnais dans la région du col de la Seigne (frontière franco-italienne au Sud-Ouest du Mont-Blanc).* Note (*) de M. **Reynold Barbier**, présentée par M. Maurice Gignoux.

De nouvelles découvertes de fossiles montrent que les brèches du col de la Seigne, attribuées par S. Franchi au Lias, sont en réalité post-liasiques.

Dans une Note récente ([1]), j'ai étudié la prolongation en Italie et en Suisse des unités penniques externes que j'avais définies antérieurement en France, entre Pelvoux et Mont-Blanc, et groupées sous la dénomination de « zone subbriançonnaise » ([2]).

Mais il restait une lacune d'observation concernant le col de la Seigne, lacune que cette Note est destinée à combler à la suite d'une récente tournée faite en compagnie de P. Elter qui étudie actuellement la région comprise entre Courmayeur et le col de la Seigne.

Je rappelle que, pour S. Franchi, l'épaisse série de schistes, grès et brèches affleurant au col de la Seigne et plus au Sud appartenait au Lias, alors que pour moi elle ne pouvait être que post-liasique; je proposais de la désigner sous le nom de « Flysch de Tarentaise » ([1]), dont l'âge pourrait être, soit partiellement crétacé, soit entièrement nummulitique comme le voulait H. Schœller (1929).

S. Franchi se basait pour cela sur ses découvertes de *Bélemnites* près du Petit-Saint-Bernard (Alpe Verney) et au col de la Seigne. Je ne reviendrai pas sur les premières, qui se trouvent dans des terrains dont j'ai montré, après H. Schœller (suivi par F. Hermann, puis par P. Termier), qu'ils appartiennent à une tout autre unité, et je n'envisagerai que les secondes.

Malgré les démarches qu'a bien voulu faire pour moi M. le Professeur G. B. Dal Piaz, de Padoue, l'échantillon récolté par S. Franchi ([4]), et que n'avait pu voir H. Schœller ([3]), n'a pu être retrouvé. Nous ne pouvons donc nous baser que sur ce qu'en avait écrit alors l'auteur, à savoir que ces *Bélemnites* avaient été récoltées dans des brèches intercalées dans des calcschistes et provenant d'un point assez mal défini, mais voisin du col ([3]) et ([4]).

Une récente précision a été apportée, sur ce point, par la trouvaille

(*) Séance du 19 novembre 1951.

([1]) *Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble*, 29, 1951, p. 6.

([2]) *Mém. Carte Géol. Fr.*, 1948.

([3]) *Bull. Carte Géol. Fr.*, 33, 1929, p. 282 et 280.

([4]) *Boll. R. Com. geol. Italia*, 4e série, 2, parte uff., p. 35-39.

d'une nouvelle *Bélemnite* récoltée par M. Ferrante (5). Avec P. Elter, témoin de cette trouvaille, j'ai pu revoir le bloc de brèche d'où avait été extrait l'échantillon sur le sentier descendant du col vers la maison des douaniers italiens à environ 200 m au-dessus de celle-ci. Il s'agit de la barre des brèches qui passe derrière cette maison et se prolonge, sur le versant français, jusqu'aux Chapieux : ce sont les brèches situées à la base du « Flysch » et la *Bélemnite* se trouvait dans un élément de ces brèches, du reste très pauvre en ciment.

Sur le versant français, au Nord-Est des Mottets, le sentier du col traverse un replat jonché de blocs éboulés de cette même barre de brèches qui se prolonge jusqu'aux Chapieux. On y observe de gros éléments, plus ou moins roulés et polis, de calcaires spathiques noirs, très caractéristiques du Lias de la « nappe des Brèches de Tarentaise » (Villette, Étroits du Saix, Niélard, etc.). Avec P. Elter, puis seul, j'ai trouvé dans ces blocs une section de *Bélemnite* et de nombreuses sections de *Lamellibranches*, une section d'*Ammonite* et une *Pentacrine*.

De ces nouvelles découvertes on peut donc déduire que les *Bélemnites* trouvées par S. Franchi l'ont été très probablement dans cette même barre de brèches ou dans une lentille identique qui affleure près du col. Or, il n'y a aucun doute que *ces fossiles se trouvent dans des éléments de Lias remaniés et non dans le ciment* : si ce dernier en contenait, ce ne pourrait donc être qu'à l'état de « galets » et non de fossiles contemporains de la formation de ce terrain.

Quelques jours plus tard, avec J. Crosnier-Leconte, j'ai découvert une nouvelle *Bélemnite* dans un bloc de calcaire identique, aux chalets des Combes, au-dessus de Cret-Bettex, entre les Chapieux et Bourg-Saint-Maurice; là encore, il s'agit d'un bloc liasique remanié dans la brèche de base du « Flysch de Tarentaise » (notée *ec* sur la Carte au 1/50 000 de Bourg-Saint-Maurice due à H. Schœller).

Il est intéressant de noter à ce propos la liaison existant entre ces conglomérats et le substratum sur lequel ils sont transgressifs; c'est précisément dans les zones où le Lias, complètement érodé, manque dans le substratum (anticlinal de Cret-Bettex et zone comprise entre les Chapieux et les Pyramides calcaires) que l'on trouve les plus gros et les plus nombreux blocs et galets de calcaires liasiques.

Ces récoltes nouvelles de fossiles liasiques, non pas dans le ciment mais dans les fragments rocheux, montrent bien que *les brèches du col de la Seigne ne peuvent être liasiques*, comme le voulait S. Franchi, mais sont, sans aucun doute possible, post-liasiques.

Le col de la Seigne ne constitue donc pas une exception; la série y est

---

(5) *Riv. ital. Paleontol.*, 56, n° 4, 1950, p. 171.

bien identique à celle que H. Schœller (1929) et moi-même (1951) avons décrite en Tarentaise et que j'ai retrouvée aux Pyramides calcaires, toutes proches (6).

GÉOLOGIE. — *Sur le complexe cristallin de la partie occidentale des Landes de Lanvaux (Morbihan), et son prolongement possible vers l'Ouest.* Note de M. **Jean Cogné**, transmise par M. Alexandre Bigot.

Le massif granitique des landes de Lanvaux a été étudié surtout dans sa partie orientale par Mlle Faure-Muret qui, reconnaissant son caractère ancien, conclut à sa mise en place syntectonique des mouvements cadomiens, lesquels auraient finalement provoqué leur écrasement (1). Il n'est pas dans mon intention de revenir actuellement sur ces conclusions, cette étude entrant dans le cadre de celle, plus générale, que je poursuis sur l'ensemble des granites et des schistes cristallins de la Bretagne méridionale. Je voudrais attirer ici l'attention sur le caractère particulier de la partie occidentale de ce massif, dont la constitution montre deux faciès s'interpénétrant et, en général, bien tranchés : un granite orienté ou écrasé de grain peu développé, et des « gneiss œillés » déjà signalés par Mlle Faure-Muret et interprétés par elle comme une recristallisation de ce granite avec apport pneumatolytique lui donnant une composition différente.

L'étude du terrain, l'aspect extérieur de la roche, son étude microscopique ne me semblent pas démontrer une telle recristallisation. Les « gneiss œillés » paraissent, au contraire, originellement différents du granite, tous deux ayant subi, par la suite, les contre-coups d'une même tectonique ancienne.

Extérieurement, l'état cataclastique de ces gneiss n'est pas toujours évident. L'aspect général est celui d'une roche très feldspathique dont les cristaux peuvent atteindre jusqu'à 3 cm, tandis que le quartz et les micas forment une sorte de trame fine et discontinue, ressortant mal sur le fond habituellement clair de la roche. Celle-ci se présente en blocs massifs se débitant mal suivant des plans qui ne sont pas toujours ceux de la schistosité peu visible. Dans l'ensemble, les micas sont peu abondants, essentiellement de la biotite, réunis en mouchetures d'éléments fins, la roche pouvant, très souvent, prendre un aspect franchement leptynitique. Localement, la biotite arrive à être plus fréquente.

Au microscope, ces gneiss apparaissent composés de quartz déformés, souvent broyés très finement et parfois plus ou moins recristallisés, englo-

(6) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 746.

(1) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1944, p. 279-306.

bant les feldspaths abondants et de grande taille, essentiellement du microline finement maclé et très perthitique, et moins fréquemment de l'albite-oligoclase. *La perthitisation du microcline est un caractère constant et remarquable*, l'albite de substitution arrivant à former parfois presque la moitié de la surface du cristal. Ces feldspaths sont tous déformés ou brisés et ressoudés par du quartz. On note parfois quelques petits cristaux d'albite plus récents. La biotite, localement abondante, est assez peu fréquente dans la masse générale et se trouve réunie en traînées, filets ou mouchetures de petits éléments déformés ou déchiquetés, parfois chloritisés. La muscovite est pratiquement inexistante, mais on trouve localement de la séricite fine en traînées discontinues.

Tels quels ces gneiss ressemblent de façon frappante aux migmatites du Belon, dont j'ai déjà plusieurs fois souligné le caractère très particulier et qui se sont formées anciennement dans un faciès leptynitique des micaschistes inférieurs. Cette ressemblance se marque autant dans leur aspect extérieur (il est souvent bien difficile de distinguer les deux roches autrement que par la teinte, en général, plus rose des migmatites du Belon), que dans leurs caractères microscopiques et leur composition minéralogique. La cataclase est cependant moins marquée dans les migmatites sur des zones assez étendues. Par ailleurs, on note le même caractère leptynitique, les mêmes feldspaths (dont les microclines abondants *très perthitiques*), la même disposition et la même proportion des micas et du quartz.

Or, il est important de remarquer que ces faciès œillés du complexe cristallin de Lanvaux se trouvent justement situés à peu de choses près dans le prolongement vers l'Est des migmatites du Belon, lesquelles se trouvent à une quarantaine de kilomètres de là. Un léger décalage du massif de Lanvaux vers le Nord ne nous étonnera pas outre mesure si l'on remarque que la tectonique hercynienne recoupe transversalement cet alignement ([2]). D'ailleurs, des pointements intermédiaires, sortes de reliques dans des formations cristallophylliennes plus récentes, apparaissent entre ces deux massifs, tant dans les migmatites de Cornouailles (au Nord de Cléguer on retrouve des roches absolument identiques aux migmatites du Belon), que dans la zone écrasée axiale hercynienne (région de Languidic, par exemple, où j'ai pu repérer des faciès analogues encore reconnaissables bien que très déformés).

Il y aurait donc ainsi une ancienne ligne structurale, orientée Est-Ouest, d'âge vraisemblable cadomien, s'allongeant depuis la région de Concarneau (on trouve les migmatites du Belon en enclave dans le granite de Trégunc

---

([2]) *Voir* la carte publiée dans ma Communication sur les schistes cristallins de la Bretagne méridionale au Congrès des Sociétés Savantes en mars 1951 (sous presse).

au Sud-Est de cette ville), jusqu'au Nord de Redon, et recoupée transversalement par les lignes directionnelles hercyniennes orientées suivant la direction de Cornouailles (120°). La forme anticlinale de cette formation cadomienne a été soulignée par Mlle Faure-Muret et c'est là que sont montées les migmatites du Belon et les gneiss œillés de Lanvaux, ainsi que le granite de Lanvaux, ces deux derniers s'interpénétrant de façon intense dans la région de Camors et de Colpo. Si cette hypothèse déjà bien étayée se trouve confirmée par la suite, il y aurait peut-être ainsi une meilleure possibilité de dater certaines des formations cristallophyliennes de la Bretagne méridionale qui se trouvent être discordantes avec cette formation antérieure.

GÉOLOGIE. — *Présence d'un bonebed à la base du calcaire à Cératites.* Note de M. **Nicolas Théobald**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dans le complexe du calcaire coquillier principal du Trias moyen, on distingue notamment le calcaire à entroques et le calcaire à Cératites.

De nombreux auteurs ont constaté que cette distinction était en certains endroits difficile à faire, car les entroques manquent souvent et les Cératites sont parfois totalement absents. Il est alors fait appel à des caractères lithologiques, tels que l'épaisseur des bancs, la présence de vermiculures, le grain de la roche. Lorsqu'on les applique en partant d'un repère sûr et qu'on les étend de proche en proche, on arrive à des résultats acceptables. Mais, en général, les affleurements sont trop éloignés pour permettre de faire des rapprochements sérieux.

Les auteurs wurtembergeois terminent la série du calcaire à entroques avec un banc à Spiriférines. Ce dernier n'a pas été identifié en Lorraine.

Dans la région de Sarreguemines et en Sarre, la partie inférieure du calcaire à entroques se caractérise aisément par ses gros bancs parfois bourrés d'entroques.

A la partie supérieure, les marnes deviennent plus importantes et il apparaît parfois difficile de préciser la limite inférieure du calcaire à Cératites plus marneux et en dalles plus minces. Certains auteurs parlent parfois de 15 à 20 m de calcaire à entroques, alors que son épaisseur oscille entre 6 et 8 m. Ce résultat a été acquis à la suite de la trouvaille de Cératites à moins d'un mètre au-dessus des derniers bancs bourrés d'entroques, ce qui permet d'identifier des bancs repères grâce auxquels il est possible de limiter les assises de proche en proche.

A la suite d'études minutieuses de cette zone limite, j'ai découvert récemment un bonebed à la base du calcaire à Cératites.

A Bérus, près de Sarrelouis, ce bonebed se place à 10 cm au-dessus du dernier banc à entroques. Il a été retrouvé à Niedaltroff dans une position identique. Niedaltroff se trouve à 10 km au Nord-Ouest de Berus; la coupe

du calcaire à entroques se superpose à celle de Berus. En le recherchant systématiquement, j'ai identifié le bonebed :

1° à Lixing-les-Rouhling et à Grosbliederstroff au Nord de Sarreguemines;

2° à Sarreunion et à Sarrewerden;

3° à Xouaxange, près de Sarrebourg;

4° à Jeuxey, près d'Épinal;

5° au Sud de Mont-les-Lamarche et à Villars-Saint-Marcellin, près de Bourbonne-les-Bains;

6° entre Vauvillers et Mailleroncourt, puis à Bouligney, dans les environs de Saint-Loup-sur-Semouse;

7° à Granges-le-Bourg et au Moulin de Cude entre Villersexel et Héricourt;

8° à Ottrott, dans le Bas-Rhin.

En conclusion, un bonebed formé de dents et d'écailles de poissons a pu être identifié à la base du calcaire à Cératites en Sarre, en Lorraine et tout autour du massif vosgien. Ce bonebed se trouve, en général, dans un calcaire terreux, plus ou moins sableux, parfois micacé. Lorsque les traces de remaniement sont moins nettes, les écailles et les dents sont disséminées sur une certaine hauteur.

Nulle part ce bonebed n'a été trouvé dans la masse de calcaire à entroques. Son apparition correspond donc à un changement des conditions paléobiologiques et sa grande extension souligne l'importance de ces modifications.

Notons que d'autres bonebeds sont connus vers le sommet du calcaire à Cératites et dans les dolomies de la Lettenkohle. Ces derniers ont aussi une position stratigraphique assez précise.

L'intérêt du bonebed signalé à la base du calcaire à Cératites est, d'une part, de fournir un repère permettant de fixer la limite entre les calcaires à entroques et les calcaires à Cératites. D'autre part, il souligne le changement des conditions de sédimentation. A Berus, il apparaît nettement qu'il témoigne de mouvements locaux du fond sous-marin. Bien que de faible amplitude, ces mouvements ont été assez importants pour se faire sentir sur tout le pourtour du massif vosgien.

GÉOLOGIE. — *A propos de la brèche de Médous (Hautes-Pyrénées).*
Note de M. **Pierre Hupé**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La reprise de l'exploitation de la brèche de Médous comme matériau d'ornement m'a conduit à réétudier ses affleurements à la lumière des connaissances acquises dans ces dernières années sur la géologie régionale.

Malgré quelques complications tectoniques, les conditions de gisement sont assez simples.

A l'Ouest, la brèche s'applique stratigraphiquement sur la dolomie du Jurassique moyen et comporte exclusivement de petits éléments de cette dernière, disséminés dans un ciment de calcaire clair; incontestablement sédimentaire, cette brèche représente le faciès de base typique de l'Urgo-Aptien transgressif. Lorsqu'on s'éloigne du contact, la taille des éléments dolomitiques augmente rapidement et l'on voit apparaître, avec quelques fragments de marne micacée liasique, de très nombreux éléments anguleux de calcaire urgo-aptien dont la taille peut atteindre 45 cm. Fait remarquable, bon nombre d'entre eux montrent des traces indubitables d'une fracturation antérieure à leur dépôt.

Vers l'extrémité Sud de l'affleurement, le faciès précédent passe brusquement à une brèche où, à côté de fragments de calcaire jaune du Lias inférieur, prédominent de grands éléments d'un schiste dur, plus ou moins foncé, certainement paléozoïque, et d'énormes blocs d'un calcaire gris, rubané de blanc, très marmorisé, probablement dévonien. Les argiles du Keuper affleurent à la limite du rocher et des alluvions de l'Adour.

Si, partant de là, on se rapproche du centre de la carrière, on voit la brèche se charger progressivement de morceaux de serpentine; le ciment devient de plus en plus subordonné et l'on atteint finalement un affleurement de serpentine massive.

Il ressort de ce rapide examen que : 1° la formation de la brèche urgo-aptienne est contemporaine de mouvements importants, puisqu'elle englobe de l'Urgo-Aptien mylonitisé; 2° à en juger par la répartition, la nature et la granulométrie des éléments, ces mouvements vont progressivement en s'amplifiant jusqu'à amener le socle paléozoïque à un niveau tel qu'il puisse alimenter la sédimentation bréchique; dans l'hypothèse d'une faille sous-marine verticale, le rejeu de cette dernière, étalé sur la durée de l'Urgo-Aptien, serait de l'ordre de 300 m.

En ce qui concerne la serpentine, on peut affirmer qu'elle est anté-aptienne puisqu'elle fournit des éléments à la brèche (1) et post-paléozoïque, car aucune roche de cette nature n'est connue dans le Primaire de la Bigorre. On peut même, semble-t-il, préciser davantage. On constate, en effet, que la dolomie jurassique, habituellement noire, se trouve, en partie ou en totalité, décolorée là où elle sert de substratum à la formation. Tout se passe comme si le pigment d'hydrocarbure avait été chassé par une distillation qu'il est raisonnable d'attribuer à un léger métamorphisme dû à la mise en place de la roche verte. Cet événement serait donc survenu entre le Jurassique et le Crétacé inférieur. C'est peut-être aussi de cette

(1) Une brèche urgo-aptienne renfermant quelques éléments serpentineux s'observe également à quelques centaines de mètres au Nord du village de Neuilh, dans une lame anticlinale qui perce les schistes crétacés.

époque que date la picrite signalée par P. Viennot près d'Argelès ([2]) au contact des calcaires jaunes du Lias inférieur qu'elle métamorphise et, d'une façon plus générale, un certain nombre des roches ultrabasiques signalées dans les Pyrénées.

GÉOLOGIE. — *Présence de la scheelite dans les zones de contact des granites hercyniens des Pyrénées.* Note de MM. **Jean-Paul Destombes**, **Gérard Guitard** et **Jean Lougnon**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Jusqu'ici, on connaissait un seul indice ([1]) de scheelite dans les Pyrénées, trouvé dans une ancienne galerie ouverte pour la recherche de minerais de Pb et de Cu entre Saint-Lary et Tramezaygues (Hautes-Pyrénées; feuille de Luz, quart Sud-Est). Cet indice n'est plus visible actuellement, mais, dans une recoupe creusée récemment pour dépôt d'explosifs, l'un de nous (J. L.) a remarqué, grâce à l'emploi de la lampe à ultraviolet, plusieurs mouches disséminées de scheelite. La roche est un calcaire recristallisé du Dévonien moyen en position synclinale entre des schistes gris, ardoisiers, du Dévonien inférieur. A la scheelite est associé du quartz et, dans les bancs voisins tant calcaires que schisteux, il y a des grains de pyrrhotine. Le massif cristallin le plus voisin en affleurement est le granite du Néouvielle. A son contact immédiat, le Dévonien est transformé en une bande de cornéennes comprenant notamment des cipolins, des calcaires silicifiés, des grenatites et des épidotites.

Toujours grâce à l'emploi du même procédé, deux nouveaux indices viennent d'être découverts. Le premier se trouve dans une galerie creusée dans la montagne de Couartaou (Haute-Garonne; feuille de Luchon, quart Sud-Ouest). La formation, située dans la zone de contact du granite du Lys-Caillaouas et rapportée par l'un de nous (J. P. D.) ([2]) au Cambrien probable, est composée de bancs peu épais (0,10 à 0,15 m) de cipolin alternant avec des schistes quartzitiques. La scheelite se rencontre dans un lit de grenatite encaissé dans un des bancs de cipolin. La paragenèse comprend : grenats (andradite grossulaire), clinopyroxènes, zoïsite et épidote, sphène, quartz et calcite interstitiels. Le deuxième indice nouveau a été trouvé par l'un de nous (G. G.) ([3]) dans la région du pic de Costabonna, à l'Ouest de La Preste (Pyrénées-Orientales; feuille de Prades, quart Sud-Est). Là, le massif de granite de Mantet-Roja a provoqué, dans des calcaires

([2]) *Bull. Serv. Carte géol. de France*, 30, n° 163, 1927, p. 66.

([1]) E. Jannettaz et H. Goguel, *B. S. F. M.*, 9, 1886, p. 39.
([2]) *C.R.S. S.G.F.*, n° 3, 1951, p. 40-42.
([3]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1307.

dolomitiques d'âge paléozoïque indéterminé, la formation d'un skarn où domine l'andradite associé au diopside-hédenbergite, à l'idocrase, à la wollastonite, à la hornblende et à la ludwigite. Des amas de magnétite, situés au contact du granite et du skarn, sont riches en apatite et renferment de la scheelite en petits éléments disséminés. La teinte de fluorescence est jaune, ce qui indique la présence de molybdène (seyrigite) et l'on peut faire un rapprochement avec la molybdénite liée à des idocrasites qui a été décrite (4) sur le versant espagnol, près d'Espinabell.

Dans les trois cas, tant à Saint-Lary qu'à Couartaou et Costabonna, il ne s'agit encore que d'indices, mais, tels qu'ils ont été décrits, ces indices constituent déjà un fait intéressant. Tous trois sont situés en bordure de trois massifs différents de granites hercyniens (Néouvielle, Lys-Caillaouas, Mantet-Roja), soit à proximité immédiate (Couartaou et Costabonna) dans une zone de métamorphisme de contact intense, soit beaucoup plus loin (Saint-Lary) dans une zone où le métamorphisme de contact est atténué. En raison de la nature plus ou moins calcaire de la roche encaissante, le tungstène s'est fixé directement à l'état de scheelite, minéral qui passe facilement inaperçu lorsqu'on ne dispose pas de la lampe spéciale à ultraviolet.

Il semble que, dans les Pyrénées, comme au Maroc où des études récentes l'ont mis en évidence (5), l'existence d'une minéralisation en tungstène en relation avec des granites hercyniens constitue un phénomène d'une certaine généralité. Les observations précédentes ouvrent ainsi un nouveau et vaste champ de recherches pour les minerais de tungstène en France.

GÉOLOGIE. — *Tectonique des environs de Teniet-el-Haad (Algérie).* Note de M. **Maurice Mattauer**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La région de Teniet-el-Haad, située à la limite de l'Atlas tellien et de la bordure des Hauts-Plateaux, était inconnue au point de vue tectonique. La carte géologique au 500 000e, seul document existant, ne révélait aucun des accidents géologiques de ce territoire. Nos levers au 50 000e et au 20 000e ont permis de mettre en évidence une structure assez complexe. Celle-ci est due à la combinaison de deux systèmes tectoniques, en partie indépendants.

Les schistes crétacés, épais de plusieurs milliers de mètres, sont affectés

(4) Caldéron, *Los minerals de Espâna*, I, Madrid, 1910 et Tomas, *Els minerals de Catalunya*, Barcelone, 1915.

(5) *Cf.* J. Agard et Ph. Morin, *S. G. Maroc*, Mém., n° 74, 1950, p. 159-162; F. Permingeat, H. et G. Termier, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1155; F. Permingeat, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 92.

de plis à grand rayon de courbure. De rares cassures apparaissent contemporaines de ce système de plissement de type tellien. Ces unités sont coupées par des champs de failles qui marquent, dans l'ensemble, une limite entre les plis crétacés, typiquement telliens, et le système tectonique de la bordure des Hauts-Plateaux, où affleurent le Crétacé supérieur et le Tertiaire.

1. *Les plis telliens.* — A quelques kilomètres au *Nord de Teniet-el-Haad*, le vaste flanc monoclinal de l'Amrouna (A), affecte l'épaisse série du Crétacé inférieur et moyen (les calcaires aptiens forment le sommet du massif). Ce monoclinal est orienté NE-SW. Il est dépourvu de cassures importantes, sauf au pied de l'Amrouna où l'on peut suivre, sur une dizaine de kilomètres, une importante faille (*f*) orientée, elle aussi, NE-SW. Au Nord de cette dernière, la disposition monoclinale précédente, assez simple, est remplacée par une structure plus confuse.

A l'*Est de Teniet*, se voit la fermeture méridionale d'un vaste anticlinal (B), à axe crétacé inférieur, qui montre des terrains allant jusqu'aux calcaires aptiens.

L'orientation générale de cet accident est N-S; il est affecté par des failles de faible importance et par des cassures secondaires, sauf aux abords de la grande faille (*a*) limitant ce massif dans sa partie méridionale.

2. *Les failles.* — Au Sud-Est de Teniet-el-Haad, en bordure de l'anticlinal Nord-Sud, le Miocène est transgressif sur les niveaux antérieurs jusqu'à l'Aptien. L'importante faille (*a*), orientée NW-SE, fait buter, au Kef-Mezioud, ce Miocène contre du Crétacé supérieur où peut être mis en évidence du Sénonien.

A l'Est de Teniet-el-Haad et au voisinage immédiat de cette ville, une faille (*b*), grossièrement Nord-Sud, se raccorde à un réseau découpant plus au Sud, les terrains du Crétacé supérieur et du Tertiaire.

La faille (*b*), de direction N-S, est arrêtée au Nord, par une troisième faille (*c*); cette dernière, grossièrement E-W, s'incurve, plus à l'Est, en prenant une direction NE-SW. Elle limite ainsi l'anticlinal (B) dans sa partie septentrionale. Le monoclinal de l'Amrouna (A) est bordé, dans sa partie méridionale, par une quatrième faille (*d*), d'abord E-W, puis de direction NE-SW.

Les deux failles (*d*) et (*c*) délimitent ainsi un fossé tectonique, séparant les deux plis A et B. Vers l'Ouest ce fossé, qui n'est plus bordé au Sud par l'anticlinal crétacé, perd son individualité.

Au Nord-Est de Teniet (Rhiles-el-Rharbi), un quadrillage très serré de failles paraît dû à l'intersection de deux réseaux; le réseau Nord-Ouest-Sud-Est coupe, en effet, le champ de failles, parallèle aux bords du fossé, qui s'incurve de l'Est-Ouest au Nord-Est-Sud-Ouest.

Des failles Nord-Sud, analogues à celles déjà citées, traversent encore cet ensemble.

Du Trias dyapirique monte le long de cet ensemble de failles et apparaît au hasard, au milieu des affleurements de Crétacé supérieur, c'est-à-dire dans des zones à forte épaisseur de sédiments.

Nous verrons dans des Notes ultérieures, comment le style tectonique si curieux de la région de Teniet-el-Haad s'étend sur les régions voisines et comment il peut être interprété.

PÉDOLOGIE. — *Étude de quelques altérations de la phlogopite à Madagascar.* Note de Mlle **Simonne Caillère** et M. **Stéphane Hénin**, présentée par M. Albert Demolon.

Les micas étant des silicates très répandus, il était intéressant d'établir les types de minéraux qui pouvaient résulter de leur altération. Ayant recueilli, au cours d'une mission à Madagascar, des phlogopites et leurs produits de transformations, nous avons pu entreprendre une telle étude.

Une série d'échantillons a été prélevée dans la région d'Isoanal. Il s'agit de fragments de phlogopite qui gisaient près de l'entrée d'une galerie de mine abandonnée depuis dix ans. Le matériel a l'aspect d'un produit terreux fin mélangé à de minces feuillets de mica profondément modifiés puisqu'ils sont parfaitement blancs. Ce matériel a été fractionné, soumis ensuite à l'examen aux rayons X, aux méthodes thermiques et, enfin, sa composition chimique a été établie par l'analyse.

Ces méthodes montrent que les fractions les plus grossières sont encore de nature micacée, bien qu'ayant perdu une quantité très importante de leurs éléments alcalins. Par contre, leur couche tétraédrique s'est enrichie en silice.

Les éléments les plus fins dont la taille est $< 2\,\mu$, sont constitués par un mélange de 70 % de montmorillonite et de 30 % de kaolinite. Les formules structurales de ces minéraux sont les suivantes :

Phlogopite............	$[(Si_{2,82}Al_{1,18})(Al, Fe^{+++})_{0,27}(Mg_{2,64})]O_{11}(K, Na)_{1,05}$
Mica altéré............	$[(Si_{3,24}Al_{0,76})(Al, Fe^{+++})_{0,56}(Mg_{2,25})]O_{11}(K, Na)_{0,52}$
Montmorillonite........	$[(Si_{3,42}Al_{0,58})(Al, Fe^{+++})_{0,82}(Mg_{1,80})]O_{11}(K, Na)_{0,53}$

Elles font ressortir l'appauvrissement des minéraux en éléments alcalins, l'enrichissement de la couche tétraédrique en silice, enfin l'évolution d'un minéral du type trioctaédrique vers une phyllite de type dioctaédrique. Ce remaniement profond de la structure qui va probablement jusqu'à la recristallisation est confirmé par une perte considérable en fluor qui passe de 0,68 à 0,10. Nous soulignerons ce résultat, car le fluor occupant la place d'un oxhydrile dans la couche octaédrique paraît un bon indice de l'alté-

ration de la structure. Rappelons d'ailleurs que S. Koritnig [1] a fait des observations analogues, c'est-à-dire qu'il a constaté, au cours de l'altération d'une roche éruptive, la disparition de la presque totalité de cet élément.

Une seconde série de prélèvements a été effectuée à Ampandrandava dans une carrière ouverte au-dessus de la veine de mica. La comparaison de la phlogopite initiale et des fragments d'aspect micacé au contact de la couche terreuse ont permis d'établir que la transformation aboutissait, cette fois, à une vermiculite. Les analyses ont conduit à calculer les formules structurales suivantes :

Phlogopite...... $[(Si_{2,75}Al_{1,25})(Al, Fe^{+++})_{0,28}\ (Fe, Mg)_{2,59}]O_{11}(K, Na)_{0,87}(Ca, Mg)_{0,17}$

Vermiculite [2]... $[(Si_{2,73}Al_{1,27})(Al, Fe^{+++})_{0,46}\ (Mg)_{2,31}]O_{11}(K, Na)_{0,08}(Ca, Mg)_{0,59}$

On constate que la composition chimique des deux feuillets est assez voisine, contrairement à ce qui se produit à Isoanal. Cette constance est confirmée par les teneurs en fluor qui sont respectivement de 1,85 et 1,50.

Une étude analogue à celle-ci avait été effectuée en Écosse, par G. F. Walker [3] et D. M. C. Mac Ewan [4]. Ces auteurs avaient constaté que, dans tous les cas, dans les sols bien drainés, une biotite se transformait en vermiculite. En sol mal drainé, le mica d'une roche très basique évolue en montmorillonite alors que dans les mêmes conditions, on trouve encore une vermiculite si le minéral initial appartenait à une roche acide. Or, dans les conditions de nos observations, le drainage était également bon.

A Ampandrandava, sous une couche de sol en milieu basique, la phlogopite évolue comme en Écosse, en donnant une vermiculite.

Par contre, à Isoanal en milieu également basique, le mica est directement soumis à des alternatives d'humectation et de dessiccation et les constituants alcalins et alcalino-terreux sont entraînés ainsi qu'il ressort de l'analyse. On constate alors qu'il s'agit d'un processus différent de celui qui intervient dans les sols d'Écosse, et l'on trouve finalement d'autres minéraux, c'est-à-dire de la montmorillonite et du kaolin. Soulignons enfin la rapidité du processus qui, en dix ans, a transformé une fraction importante du matériel initial.

---

(1) *Geochemica et Cosmochemica Acta,* **1**, 1951, p. 89-116.

(2) Comme dans la vermiculite une partie du calcium et du magnésium est certainement à l'état échangeable, nous avons figuré comme extérieur au feuillet tous les éléments excédant six charges positives. Pour faciliter la comparaison, nous avons utilisé la même figuration pour le mica.

(3) *Miner. Mag.,* **29**, 1950, p. 72.

(4) *Titles and Abstracts* (18e *International Geol. Congress,* Londres, 1948, p. 128).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques particularités cytologiques du* Janczewskia verrucæformis *Solms-Laub., parasite du* Laurencia obtusa (*Huds.*) *Lamour.* Note de M. **Jean Feldmann** et Mme **Geneviève Feldmann**, présentée par M. Roger Heim.

Les cellules externes du *Janczewskia verrucæformis*, parasite exclusif du *Laurencia obtusa*, renferment toutes un « corps en cerise » identique à celui qui existe dans les cellules de son hôte. Elles présentent en outre une excrétion, à travers la membrane, de fines gouttelettes lipoïdiques qui s'accumulent sous la cuticule à la manière de certaines essences.

Le *Janczewskia verrucæformis* Solms-Laub. est une Rhodophycée parasite, exclusivement localisée sur le *Laurencia obtusa* (Huds.) Lamour. dans la Méditerranée, assez fréquente en profondeur aux environs de Banyuls-sur-Mer (Pyrénées-Orientales). Elle forme, sur les rameaux de son hôte, des masses irrégulièrement mamelonnées renfermant les organes reproducteurs sexués ou asexués qui présentent la même structure et la même disposition que ceux de la plante-hôte.

Au point de vue cytologique, les cellules du *Janczewskia*, plus petites que celles du *Laurencia*, se distinguent essentiellement par l'absence de rhodoplastes pigmentés, les cellules ne renferment que des plastes incolores et filamenteux ayant l'aspect de gros chondriocontes. Les vacuoles de ces cellules renferment, en solution, un pigment jaune semblable à celui qui existe chez le *Laurencia*.

De plus, on constate à l'examen vital que toutes les cellules externes du *Janczewskia* renferment une inclusion réfringente particulière, tout à fait comparable par sa morphologie et ses réactions microchimiques aux « corps en cerise » que nous avons précédemment étudiés chez le *Laurencia obtusa* [1]. Cette grande analogie de structure cytologique entre les cellules du parasite et celles de l'hôte, jointe à la presque identité de la structure des organes reproducteurs, mérite d'être soulignée.

Les cellules externes du *Janczewskia* présentent, en outre, des caractères cytologiques particuliers. Les cellules externes constituant les parois des cystocarpes présentent une membrane externe très épaisse, bombée, formant une papille plus ou moins développée qui, examinée sur le vivant, paraît recouverte, sous la cuticule, de nombreuses petites granulations arrondies et réfringentes. Ces granulations ne se colorent ni par l'iode, ni par le rouge de ruthénium, mais, par contre, réduisent l'acide osmique et se colorent avec intensité en bleu par le réactif de Smith-Dietrich et le

---

[1] *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1335.

bleu B. Z. L. qui les colorent de la même manière que le contenu des « corps en cerise ».

L'examen en coupe optique, après coloration au bleu B. Z. L., montre que ces granulations lipoïdiques, incluses dans la membrane, s'accumulent d'abord dans la partie interne de celle-ci, tout contre le cytoplasme, puis se dirigent vers la partie externe en laissant souvent, comme trace de leur passage, une fine striation représentant les fins canalicules par où ces gouttelettes se sont frayé une voie dans la membrane. Ces canalicules ne sont d'ailleurs pas préformés ils résultent simplement du passage des gouttelettes qui s'accumulent finalement dans la partie externe de la membrane, immédiatement au-dessous de la cuticule qu'elles ne semblent pas traverser. Cette excrétion, à travers la membrane, des gouttelettes lipoïdiques, paraît s'accomplir d'une manière plus ou moins rythmique, car il est fréquent d'observer des cercles concentriques de gouttelettes en voie de migration vers la partie externe de la membrane.

Par leurs réactions microchimiques, ces gouttelettes incluses dans la membrane rappellent tout à fait le contenu des « corps en cerise » et il est possible qu'elles proviennent d'une excrétion du contenu de ceux-ci. Quant à leur nature chimique exacte, bien que présentant les caractères généraux des gouttelettes lipidiques, il n'est pas possible d'affirmer qu'elles sont constituées par de véritables lipides plutôt que par d'autres substances lipoïdes hydrophobes telles que des essences ou des hydrocarbures. L'excrétion de ces gouttelettes à travers la membrane semble bien montrer qu'elles ne sont pas constituées par des lipides proprement dits, substances de réserve utilisées et non excrétées par la plante; leur mode d'excrétion peut, au contraire, être rapproché de celui de certaines essences.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La teneur en carotène des tourteaux de palme.* Note de MM. **Pierre Cuvier** et **Maurice Servant**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'huile extraite des tourteaux frais du palmier à huile, au moyen de solvants, présente une teneur élevée en carotène, qui peut atteindre cinq fois celle de l'huile obtenue par pression des fruits.

On sait que le fruit du palmier à huile (*Elaeis Guineensis*, Jacq.) est une drupe, dont la pulpe fournit l'huile de palme. La caractéristique la plus remarquable de cette huile est la présence, dans sa partie insaponifiable, d'une forte proportion de caroténoïdes, particulièrement de carotène (constitué par 60 à 70 % de β-carotène, pour 30 à 40 % d'α-carotène, à côté de l'isomère γ). Ce carotène existe dans l'huile de palme à des teneurs dépendant de la variété du palmier, du climat, de l'insolation,

du mode d'obtention de l'huile, etc. Ces teneurs sont généralement de l'ordre de 1 ‰, mais peuvent descendre au-dessous de 0,3 ‰ ou s'élever au-dessus de 2 ‰.

Industriellement, l'huile de palme est obtenue, en général, par expression des fruits, convenablement traités, au moyen de presses hydrauliques. Le tourteau, après séparation des noix de palmiste, constitue ce que l'on appelle les « fibres de palme ». Ce sont ces fibres dont nous avons récupéré l'huile qu'elles retiennent encore, et qui représente environ 10 % de leur poids de matière sèche.

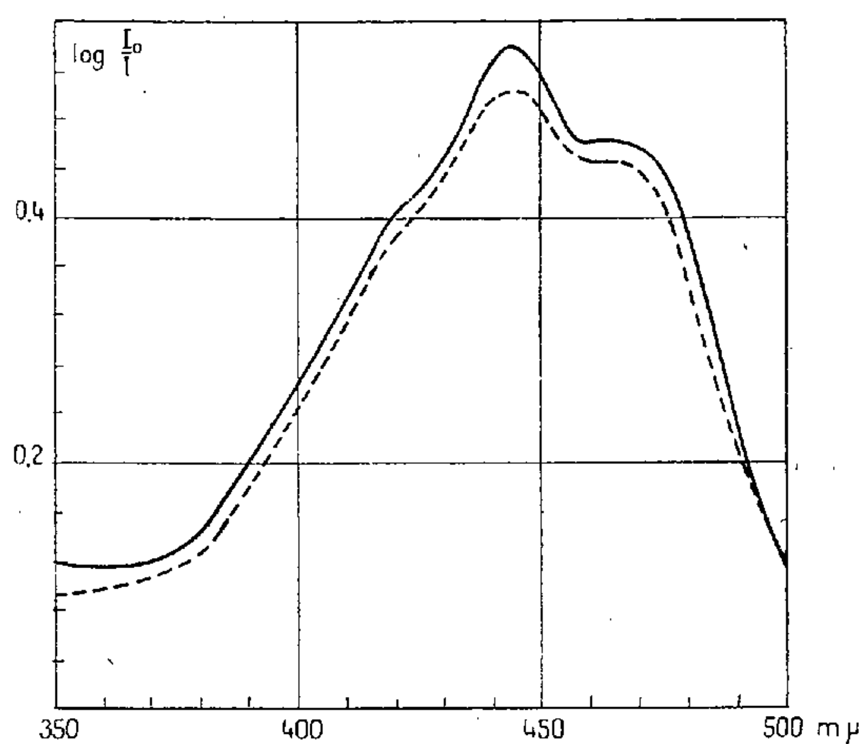
Si l'on épuise ces fibres fraîches à l'aide d'un solvant (acétone, éther de pétrole, chloroforme, etc.), on constate, après élimination du solvant, que l'huile récupérée est plus colorée que l'huile de palme de pression correspondant aux fibres étudiées. L'examen au spectrophotomètre manifeste que la teneur en carotène de l'huile d'épuisement est notablement supérieure à celle de l'huile de pression. Naturellement, cette teneur dépend, entre autres facteurs, de la quantité d'huile résiduelle du tourteau, c'est-à-dire de l'efficacité du pressage. Il est bien évident que plus il reste d'huile dans le tourteau, plus l'huile extraite aura une teneur en carotène faible, se rapprochant de celle de l'huile de pression. Voici d'ailleurs les résultats auxquels nous sommes arrivés avec des fibres d'origines différentes, expédiées par avion des territoires africains et traitées environ deux semaines après leur séparation.

	Teneurs en carotène (‰).	
Origine des fibres.	Huile de pression.	Huile d'extraction.
Grand-Drewin (Côte-d'Ivoire), n° 1	1,15	5,6
» » n° 2	1,15	5,9
Dabou »	0,67	2,8
Pobé (*) (Dahomey)	1,15	2,0
La Dibamba (*) (Cameroun)	1,13	2,35

(*) Fibres anormalement riches en huile.

Cette différence entre huile d'extraction des fibres et huile de pression peut s'expliquer par le fait que l'épiderme des fruits est beaucoup plus pigmenté que la pulpe elle-même, peut-être par suite de l'action de la lumière. Lors du pressage, l'huile de la pulpe s'écoule sans entraîner le pigment de cet épiderme. En reprenant la fibre par un solvant, le pigment est dissous en même temps que l'huile résiduelle; après élimination du solvant, il se retrouve dans l'huile qui devient ainsi particulièrement riche en carotène. On peut, au reste, penser à quelque processus de rétention de ce pigment.

Notre première explication se trouve en accord avec l'expérience suivante : des fruits de palme frais sont épluchés, de façon à séparer les épidermes; ceux-ci sont sommairement dégraissés à l'aide d'éther de pétrole après que leur taux d'humidité a été réduit aux environs de 10 %, par passage à l'étuve à vide vers 50°. L'huile recueillie après élimination du solvant titre 1,67 °/₀₀ de carotène. Enfin, les épidermes dégraissés sont broyés avec du sable sec et repris à nouveau par l'éther de pétrole. L'huile que l'on obtient alors titre 4,80 °/₀₀ de carotène. D'autre part, l'huile de pression obtenue à partir de fruits identiques à ceux qui ont été traités ne titrait que 0,80 °/₀₀. En somme, la teneur en carotène de l'huile de premier épuisement des épidermes est égale à deux fois celle de l'huile de pression, et celle de l'huile du dernier épuisement à six fois.



Spectres d'absorption dans l'éther de pétrole.
———— Huile de pression.
- - - - - - - Huile d'extraction des épidermes.

Le graphique montre les spectres d'absorption comparés de l'huile de pression et de l'huile d'extraction; ils permettent de conclure à l'identité des pigments dans ces deux huiles. Cette identité se trouve confirmée par la chromatographie sur alumine Brockmann de l'insaponifiable de l'huile tirée des épidermes, parallèlement à celui de l'huile de pression. Les différentes zones qui se séparent après élution sont identiques dans les deux cas.

Il est donc évident que certaines parties du fruit de l'*Elaeis Guineensis*, que l'on retrouve dans le tourteau fibreux après expression de l'huile de palme, présentent une concentration en carotène bien supérieure à celle de la pulpe.

AGRONOMIE. — *Nouvelle méthode d'expérimentation au champ.* Note (*) de M. **André Hamy**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous proposons une nouvelle méthode d'expérimentation, applicable à tous les sols, dont le principe consiste à déterminer les résultats de différents traitements sur un même terrain, en éliminant les difficultés inhérentes aux variations du sol.

Pour comparer deux formules de fumure, on dispose deux parcelles longues et contiguës, sans séparation, sur lesquelles sont appliquées ces deux formules. On récolte dans chaque parcelle des bandes étroites et longues, parallèles à leur limite. On trace le graphique du poids de la récolte à l'hectare en fonction de la position des bandes sur le terrain; les graphiques correspondant aux deux parcelles coupent la ligne de séparation, chacun en un point, qui indique la valeur de la récolte *sur le même terrain* situé à la limite des deux parcelles.

Pour un terrain homogène, les graphiques seront des droites horizontales; si l'on répète le dispositif à côté des deux premières parcelles, la ligne qui joindra les graphiques des parcelles correspondant à la même formule sera parallèle au graphique de l'autre formule. Ce parallélisme existera encore pratiquement pour des sols qui varient assez lentement pour une distance restreinte; de même, lorsqu'on compare des doses d'engrais, même s'il y a divergence pour une forte action de l'engrais, les graphiques doivent tendre vers une parallèle lorsque l'action diminue. On pourra donc généralement comparer quatre formules A, B, C, D sur le terrain situé au milieu du dispositif si l'on emploie des bandes assez longues, pour obtenir une homogénéisation suffisante du terrain.

D'autres dispositifs peuvent être utilisés :

Au lieu d'avoir des bandes de 60 m de long par exemple, on pourra semer des bandes de 15 m répétées quatre fois sur différentes parties du terrain. On aura le schéma :

A	B	C	D	A	B	C	D
D	C	B	A	D	C	B	A

Les résultats seront groupés de façon à réaliser en fait des bandes de 60 m :

A	B	C	D
A	B	C	D
A	B	C	D
A	B	C	D

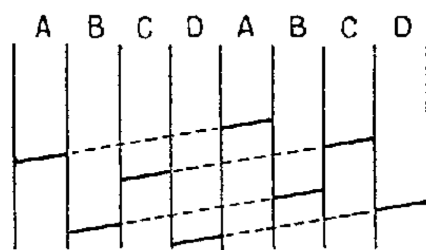
Dans le cas des céréales, les récoltes des bandes correspondantes seront réunies et battues ensemble.

(*) Séance du 19 novembre 1951.

On peut encore adopter le procédé suivant :

Tracer les graphiques et observer s'il y a parallélisme entre eux; dans ce cas le rendement de chaque formule s'obtiendra en additionnant les ordonnées correspondant à chaque bande et en divisant par le nombre des bandes.

Si l'on veut comparer plus de quatre formules, on fera, deux séries de quatre, en introduisant dans l'une d'elles une formule contenue dans la première, répétée trois fois. On tracera le graphique correspondant à cette formule et l'on cherchera dans la première série la valeur correspondante ; on pourra alors superposer les graphiques et obtenir la comparaison de sept formules. Toutefois il faut remarquer que les deux points communs ne correspondent pas nécessairement à deux terrains identiques, mais à deux terrains donnant seulement des rendements égaux; la comparaison ne peut être légitime que si dans la deuxième série, les graphiques sont pratiquement parallèles, c'est-à-dire si l'effet est indépendant de la variation du terrain et si les terrains des deux séries ne diffèrent pas trop, ce qu'indiquera la formule commune.



Si les graphiques ne sont pas parallèles, la comparaison ne pourra se faire que sur le terrain commun D + A situé au centre du dispositif et encore à la condition que les lignes soient assez tendues pour être tracées sans ambiguïté.

Cette méthode nous a permis d'obtenir des résultats significatifs de 8 % sur un sol qui présentait des variations de rendement de 30 % à 15 m de distance; des sondages ont montré qu'entre ces points la profondeur du sol passait de 20 à 60 cm (orge).

Sur un autre terrain où l'on enregistrait aussi des variations de profondeur et où la proportion de cailloux croissait dans une direction. On a orienté les bandes parallèlement à cette direction; nous avons alors obtenu des graphiques peu inclinés, qui nous ont permis d'obtenir des résultats significatifs allant jusqu'à 5 % (blé de printemps).

Sur un sol variant très rapidement (rendement passant du simple au double à une distance de 5 m) nous avons obtenu un graphique suffisamment continu pour mettre en évidence l'action de l'azote sur une culture d'œillette.

Cette méthode a été étendue à la grande culture, en récoltant des bandes de blé de la largeur de la barre de coupe de la moissonneuse-batteuse; nous avons pu ainsi établir qu'un blé venant après une avoine sur défriche de luzerne, avait profité de l'engrais azoté (augmentation de 8 %) bien que les deux parcelles, prises chacune en bloc, aient donné le même rendement.

BOTANIQUE AGRICOLE. — *L'introduction et l'expansion de graminées fourragères xérophiles dans les pâturages et les prairies du Maroc.* Note de M. **Émile Miège**, transmise par M. Auguste Chevalier.

En vue de pallier les graves effets des disettes saisonnières provoquées par la sécheresse estivo-automnale qui sévit régulièrement au Maroc, de mai à novembre, nous y avons introduit, dès 1921, de nombreuses espèces fourragères xérophiles, originaires de pays arides, en étudiant leur développement dans les diverses régions, leur morphologie externe et interne, leur composition chimique et leur appétence (¹). Ces travaux sont d'ailleurs continués par nos successeurs.

Nous avons suivi ensuite, et jusqu'à ce jour, le comportement de celles qui avaient résisté aux conditions sévères du climat marocain et particulièrement des graminées, que nous citerons seules dans cette Note.

Les plus intéressantes sont divers *Pennisetum* = (napiers-grass), *P. purpureum*-Shum, *P. merkeri* Lecke, originaires de l'Afrique tropicale et australe, et déjà étudiés en Algérie par le Dr Trabut. Ce sont toutes des plantes vivaces, vigoureuses, ressemblant au maïs, douées d'un fort tallage et donnant plusieurs coupes annuelles et un rendement élevé. Toutefois, elles ne mûrissent pas leurs graines au Maroc et doivent être multipliées par bouturage ou par éclats de touffes.

Par contre, le *Pennisetum clandestinum* Pelger (Kikuyu grass), originaire de l'Afrique orientale anglaise, est également vivace, mais rhizomateux et traçant; il constitue des prairies de fauche ou de pâturage, dont plusieurs étaient déjà créées, sur plusieurs dizaines d'hectares chacune, dans diverses régions du pays, il y a 15 ans; lui aussi, ne peut être reproduit que par multiplication végétative. Le *Pennisetum macrourum*, originaire d'Asie et d'Australie, mais qui nous est parvenu d'Argentine, est également vivace et rhizomateux, assez ligneux et grossier, mais particulièrement xérophile; il peut être multiplié par éclats de touffes, repiquage des stolons ou par semis. Le *Pennisetum villosum* R—Br (ou *P. longistylum* Hochts), originaire d'Abyssinie, forme des touffes serrées, vivaces, portant des inflorescences plumeuses caractéristiques; il s'accommode de tous les terrains et résiste à la sécheresse sous le climat littoral, où il fructifie abondamment. Enfin, *Pennisetum orientale* Rich, est autochtone, vivace, possède de puissants rhizomes et reste vert tout l'été, préférant toutefois les terrains frais et fertiles, il résiste jusqu'à — 5° C, et se multiplie par semis. En dehors de ce groupe, *Chloris gayana* Kunth (Rhodes grass), importé d'Afrique du Sud,

---

(¹) É. Miège, *Les plantes fourragères au Maroc*, Casablanca, 1934, 1 volume de 230 pages, nombreuses figures.

mais spontané au Maroc (comme au Sénégal, en Abyssinie, etc.) est vivace, stolonifère et rampant; il peut constituer des prairies de fauche ou de pâturage; il réussit parfaitement au bord même de la mer et graine abondamment; il résiste à la sécheresse lorsqu'il est bien enraciné (à la deuxième année).

La *Tricholène rose* (*Tricholæna rosea* Ness), également spontanée au Maroc, dans les régions chaudes et sèches, est vivace, cespiteuse et fleurit abondamment; elle reste verte toute l'année, mais craint le froid, ce qui limite son aire d'expansion; elle est peu productive. Plusieurs *Paspalum* ont donné d'excellents résultats, surtout en terrains humides ou irrigués : *P. dilatatum* Poir (Dallis grass), originaire d'Argentine et naturalisé dans le Sud des États-Unis, est luxuriant dans les lieux frais, mais son fourrage est assez médiocre; il graine facilement au Maroc.

Paspalum compressum Raspail (Carpet grass) nous a été adressé aussi sous la dénomination d'*Axonopus compressus* Sch. et, bien qu'originaire des Indes, est répandu dans le Sud des États-Unis, au Mexique, en Argentine, Australie, etc.; c'est une plante vivace, stolonifère, basse, qui n'a pas résisté aux étés prolongés du Maroc, pas plus qu'aux abaissements de température.

Les *Panicum* se sont montrés également intéressants : *P. antidotale* R. Br. peut atteindre 1,50 m de hauteur en lieux frais, mais il craint le froid et ne se développe pas en hiver, même sur le littoral. On le multiplie par bouturage et par semis. *P. muticum* (Para grass) est vivace, très vigoureux, mais aime l'eau et la chaleur. *P. prolutum* F., originaire d'Australie comme les précédents, est vivace, dressé et grêle; il résiste bien à la sécheresse, passablement aux froids et au piétinement. *P. bulbosum* H B K (Texas grass), spontané au Texas et au Mexique, a donné de bons résultats en Australie et en Amérique centrale; vivace, il résiste bien à la sécheresse, grâce à un puissant système radiculaire et à ses bulbes, mais est très sensible au froid (0° C); il peut être multiplié par semis. *Setaria nigrirostris* Th. Dur. et Schurtz, originaire du Transvaal, où elle est considérée comme envahissante; depuis 1923, où nous l'avons introduite, elle s'est montrée assez résistante à la sécheresse, mais pas au froid; elle s'empare rapidement du terrain quel qu'il soit et émet de nombreux rejets; elle graine difficilement au Maroc.

L'une de nos meilleures acquisitions a été *Eragrostis curvula* Nees, originaire d'Amérique; très résistant à la sécheresse, grainant abondamment, donnant un fourrage fin et abondant, de pâture ou de fauche, il pousse même à l'ombre; toutefois, il craint les basses températures.

La diffusion de ces diverses espèces en grande culture a été difficile et ralentie jusqu'à ce qu'un de nos anciens collaborateurs, M. Robert Giscard,

installé comme agriculteur près de Rabat, se soit consacré à leur multiplication et à la production de leurs boutures et de leurs semences. Depuis, leur expansion s'est accélérée au Maroc et en Afrique du Nord, non seulement pour la création de prairies, mais aussi pour la fixation des terres par le Service de la Restauration des Sols. M. le Professeur Aug. Chevalier a pu visiter récemment la collection et les parcelles de multiplication de M. Robert Giscard et, en outre, retrouver dans diverses régions du pays, des spécimens de ces graminées exotiques xérophiles, évadées des cultures et en voie de naturalisation.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Morphologie comparée des arcs hémaux abdominaux des Téléostéens symétriques et dyssymétriques.* Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les arcs hémaux du rachis abdominal des Téléostéens se présentent invariablement dans l'ordre cranio-caudal suivant : 1° pas d'arc; 2° arcs ouverts (*fig.* 1 et 2); 3° arcs fermés par un pont apophysaire long (*fig.* 3); 4° arcs fermés par un pont court (*fig.* 4); 5° arcs fermés par la coossification distale des *hémitoxes* (¹), d'où résulte la formation d'une hémacanthe plus ou moins courte (*fig.* 5). A noter que, d'ordinaire, eu égard aux arcs en question, tous les états possibles des vertèbres ne se rencontrent pas chez un même individu. D'une façon générale et dans toute la mesure où l'on peut distinguer, chez un adulte, une crête centrique d'un hémitoxe rudimentaire, le nombre des vertèbres privées d'arc hémal est rarement nul et toujours très inférieur à celui des vertèbres pourvues de cet arc.

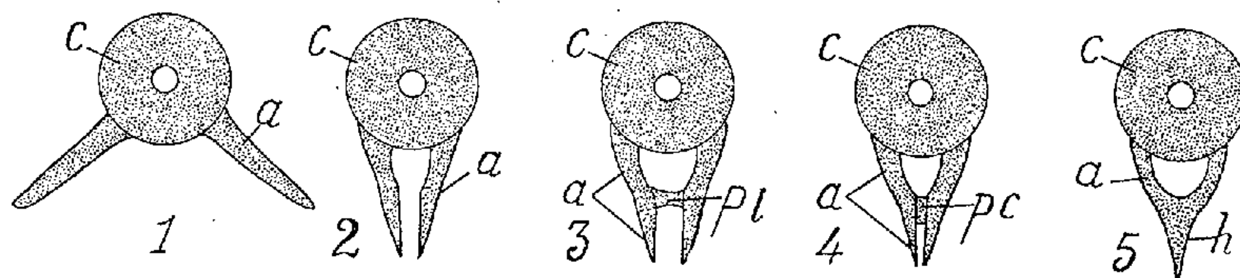


Fig. 1 à 5. — Schémas, en vue axiale et abstraction faite de l'arc neural, des vertèbres abdominales pourvues d'un arc hémal. *a*, arc hémal; *c*, centrum; *h*, hémacanthe; *pl*, pont long; *pc*, pont court.

Dans les formes symétriques, quel que soit le nombre des vertèbres abdominales (²), celui des arcs fermés ne semble jamais supérieur à 3; la longueur du pont est très variable et je n'ai jamais constaté la formation d'une hémacanthe, si courte soit-elle.

(¹) Parapophyses (terme impropre), processus arcuaux, processus tranverses (Emelianov, *Zool. Jahrb., Anat.*, 60, 1935, p. 133-262). Je propose *hémitoxes* (ἡμι, demi; τόξον, arc).

(²) Dans la suite de ce texte, les vertèbres abdominales sont désignées par la lettre *a*, précédant immédiatement l'indication de leur nombre.

L'ordre dyssymétrique des *Pleuronectiformes* (*Heterosomata*) se subdivise en deux séries parallèles, qu'aucune dénomination spéciale ne désigne dans la nomenclature : les monomorphochiasmatiques et les dimorphochiasmatiques ([3]). La formule du rachis abdominal des 12 familles ou sous-familles dont se compose la série monomorphochiasmatique peut se résumer de la façon suivante : *Scophthalminæ*, *Pleuronectinæ* et *Rhombosoleidæ* (*a* 10-16), tous les arcs sont ouverts; *Citharidæ*, *Paralichthyidæ*, *Chascanopsettinæ*, *Paralichthodinæ*, *Samaridæ* (*a* 10, 16 ou 17), à la dernière ou aux 2 ou 3 dernières vertèbres, l'arc est fermé par un pont transversal; *Brachypleurinæ*, *Bothinæ*, *Pœcilopsettidæ* (*a* 9-10), aux 3, 4 ou 5 dernières vertèbres, l'arc forme une hémacanthe.

La série dimorphochiasmatique ne comprend que 5 familles ou sous-familles : *Psettodidæ* (*a* 10), l'arc des vertèbres 9 et 10 est fermé par un pont court; *Achiridæ* et *Soleidæ* (*a* 8 à 11), 1 ou 2 arcs ouverts, tous les autres forment une hémacanthe. *Cynoglossinæ* (*a* 9), les 3 premières vertèbres sans arc, l'arc des 6 dernières est fermé par un pont long; *Symphurinæ* (*a* 9), même formule que celle des *Cynoglossinæ*, mais tous les arcs forment une hémacanthe.

Le genre *Austroglossus* (2 espèces) fait exception au sein de la famille des *Soleidæ* : les arcs sont fermés par un pont long, traversant le rein, comme chez tous les *Cynoglossidæ Cynoglossinæ* ([4]).

En résumé, inexistante ou extrêmement rare dans les formes symétriques, l'hémacanthe abdominale n'apparaît, chez les *Pleuronectiformes* monomorphochiasmatiques, que dans 3 groupes (*Brachypleurinæ*, *Bothinæ* et *Pœcilopsettidæ*), où elle n'appartient qu'à un petit nombre de vertèbres; dans la série dimorphochiasmatique, seuls les *Psettodidæ* et les *Cynoglossinæ* en sont privés, tandis que, chez les *Achiridæ*, les *Soleidæ* (excepté *Austroglossus*) et les *Symphurinæ*, ce mode de fermeture devient le propre de tous les arcs fermés, ceux-ci appartenant à des vertèbres en nombre égal ou supérieur à la moitié du total.

La coossification distale des hémitoxes (hémacanthe) ne peut résulter de la compression bilatérale du corps, puisque, chez nombre de formes symétriques fortement comprimées (*Chætodontidæ*, etc.), tous les arcs sont ouverts, sinon, leur fermeture est réalisée par un pont transversal.

A titre de déterminant de l'écartement distal des hémitoxes (arc ouvert ou fermé par un pont long), le rein semble devoir être mis en cause, mais non la masse viscérale, invoquée à ce sujet par divers auteurs. En effet, tandis que, traversé par le pont apophysaire des 6 arcs hémaux, le rein

---

([3]) CHABANAUD, *Bull. Inst. Océan.*, 950, 1949, Id., *Bull. Mus. Hist. nat.*, (2), 22, 1950, p. 338.

([4]) CHABANAUD, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1021.

des *Cynoglossinæ* s'interpose entre les hémitoxes, celui des *Symphurinæ* est tenu à distance des centra par les 6 arcs hémaux qui, tous, forment une hémacanthe. Pareille différence ne peut résulter que d'un décalage du stade ontogénétique auquel, par rapport au développement du rachis, s'achève celui de l'organe excréteur : chez les *Cynoglossinæ*, ainsi que chez les *Soleidæ* du genre *Austroglossus*, le développement du mésonéphros serait terminé avant la mise en place des arcs hémaux et la construction de leur pont apophysaire, tandis que c'est le contraire qui se produirait, non seulement chez les *Symphurinæ*, mais encore chez les *Achiridæ* et les *Soleidæ*, excepté *Austroglossus*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude comparée de l'accoutumance de* Escherichia Coli *à la chloromycétine et à la dl-sérine*. Note de M. **Darius Molho** et Mme **Lucie Molho-Lacroix**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

S'il n'y a pas d'analogie entre la chloromycétine et la *d*-sérine quant à leur mode d'action vis-à-vis du métabolisme de l'acide pantothénique, l'analogie est plus évidente quant aux phénomènes d'accoutumance; la chloromycétine comme la sérine apparaissent en effet comme des inhibiteurs d'adaptation et la sérine est même capable d'annuler la résistance acquise à la chloromycétine.

Mentzer et coll. (1) ont signalé une certaine analogie de comportement de *E. Coli* vis-à-vis de la chloromycétine et de la *dl*-sérine, ce qui plaidait en faveur du rattachement de la chloromycétine à la série de la *d*-sérine. Ultérieurement, Mass et Davis (2) ont montré que la *d*-sérine agissait en retardant la conversion de la β-alanine en acide pantothénique. Pour vérifier l'hypothèse de Mentzer et coll. (1), nous avons recherché l'influence de la β-alanine et de l'acide pantothénique vis-à-vis de l'inhibition de *E. Coli* par la chloromycétine. N'ayant trouvé d'antagonisme dans aucun des deux cas, nous sommes obligés de conclure que la chloromycétine n'interfère pas avec le métabolisme de l'acide pantothénique. Cependant, l'analogie structurale entre chloromycétine et *d*-sérine est plus évidente si l'on envisage le phénomène de l'accoutumance de *E. Coli* à ces inhibiteurs. Il est curieux de constater qu'après un seul passage sur des doses inhibitrices de chloromycétine ou de *dl*-sérine, *E. Coli* est accoutumé aux deux substances, alors que, dans les mêmes conditions (un seul passage), on ne note pas d'accoutumance à la tyrothricine, à l'auréomycine, aux sulfamides, à la pénicilline ou à la streptomycine. Les tableaux I et II réunissent nos résultats expérimentaux (3).

---

(1) C. Mentzer, P. Meunier, L. Molho-Lacroix et D. Billet, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **32**, 1950, p. 55.

(2) *J. Bacter.*, 60, 1950, p. 733.

(3) La technique des essais a déjà été décrite (1); une seule modification : les cultures sont faites en tubes à essais et non dans les cuves Raoul.

TABLEAU I.

Accoutumance de E. Coli (*souche Monod*) *après un passage sur chloromycétine* 2.10^{-6}, *sérine* 4.10^{-4} *ou le mélange des deux.*

Cellules mères.

Sur	50 % crois. en h.	Δ (**) en h.
$Témoin_{145}$ (*)	8,30	0
$Chloro_{65}$	17,30	9
$Sérine_{100}$	18	9,30
Chloro + $sérine_{70}$	18	9,30

Cellules accout. à chloro.

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
$Témoin_{150}$	12,15	0
$Chloro_{145}$	15,45	3,30
$Sérine_{130}$	28,30	16,15
Chloro + $sérine_{90}$	28	15,45

Cellules accout. à sérine.

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
$Témoin_{140}$	9	0
$Chloro_{30}$	18	9
$Sérine_{120}$	13	4
Chloro + $sérine_{55}$	19	10

Cellules en présence de chloro + sérine

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
$Témoin_{155}$	11,45	0
$Chloro_{75}$	26,30	14,45
$Sérine_{130}$	29	17,15
Chloro + $sérine_{75}$	30	18,15

TABLEAU II.

Conservation des accoutumances de E. Coli.

Cellule accout. à chloro (3 passages).

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
$Témoin_{105}$	11	0
$Chloro_{105}$	11,30	0,30

Cellule accout. à chloro (3 passages), puis cultivée sur témoin (1 passage).

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
$Témoin_{155}$	10,45	0
$Chloro_{130}$	13,30	2,45

Cellule accout. à chloro (3 passages), puis cultivée sur sérine (1 passage).

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
$Témoin_{155}$	10,45	0
$Chloro_{110}$	18,45	8
$Sérine_{135}$	11	0,15

Cellule accout. à sérine (3 passages).

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
$Témoin_{130}$	11,30	0
$Sérine_{140}$	11,30	0

Cellule accout. à sérine (3 passages), puis cultivée sur témoin (1 passage).

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
$Témoin_{150}$	9,45	0
$Sérine_{150}$	13,30	3,45

Cellul accout. à sérine (3 passages), puis cultivée sur chloro (1 passage).

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
$Témoin_{120}$	15	0
$Sérine_{110}$	19	4
$Chloro_{55}$	29	14

(*) En indices, l'opacité des cultures pour 50 % du taux de croissance maximum en graduations de l'électrophotomètre de P. Meunier.
(**) Δ représente le retard apporté par chacun des dérivés essayés vis-à-vis du témoin pour atteindre 50 % de croissance.

D'après le tableau I, si les cellules devenues résistantes à la sérine réagissent comme les cellules mères vis-à-vis de la chloromycétine, par contre, les cellules accoutumées à la chloromycétine sont plus vulnérables à la sérine. Notons également que, bien que *E. Coli* s'habitue facilement à chacun des deux antibiotiques pris séparément, il ne peut s'accoutumer au mélange des deux. De plus la présence simultanée des deux substances lui fait perdre la propriété de s'adapter à la chloromycétine ou à la sérine. Le fait que les deux dérivés en présence suppriment les possibilités mutuelles d'accoutumance est à opposer aux résultats que nous avons obtenus avec le mélange chloromycétine-*dl*. β_2-thiénylalanine (travail inédit) où les cellules bien qu'elles perdent leur accoutumance à la thiénylalanine par passage sur le mélange, la conservent par contre vis-à-vis de la chloromycétine. Il semble que cette faculté d'empêcher les résistances acquises aux antibiotiques réside dans l'hydroxyle thréo que possèdent la sérine et la chloromycétine alors que la thiénylalanine en est dépourvue. L'analogie structurale entre chloromycétine et *dl*-sérine se justifie donc quant à cette propriété d'empêcher l'accoutumance à un autre antibiotique du mélange. Les résultats du tableau II montrent que le passage sur témoins de cellules devenues résistantes soit à la chloromycétine, soit à la sérine par trois repiquages sur chacun des dérivés leur conserve le souvenir de l'accoutumance acquise. Par contre, si des cellules habituées à la sérine le demeurent après passage sur chloromycétine, il n'en est pas de même pour des cellules accoutumées à la chloromycétine auxquelles un passage sur sérine fait perdre toute résistance à la chloromycétine, les bacilles étant alors devenus normalement résistants à la sérine. Cette dernière apparaît donc plus active que la chloromycétine quant à la faculté d'empêcher les adaptations enzymatiques de cellules en croissance.

BACTÉRIOLOGIE. — *Induction de la lyse d'une bactérie lysogène sans production de bactériophage.* Note (*) de MM. **André Lwoff** et **Louis Siminovitch** (¹), présentée par M. Jacques Tréfouël.

La souche lysogène 91 (1) de *Bacillus megatherium* se lyse après irradiation ultraviolette. Cette lyse ne libère pas de bactériophages. Elle est le résultat du développement abortif d'un prophage. Le développement du phage comprend donc au moins deux phases qui se trouvent artificiellement dissociées chez la souche 91 (1) irradiée.

La perte de la propriété lysogène a été observée fortuitement à plusieurs

---

(¹) D. Molho et L. Molho-Lacroix, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 32, 1950, p. 969.

(*) Séance du 19 novembre 1951.

(¹) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Cancer Institute of the National Institutes of Health* des États-Unis d'Amérique.

reprises. Il est aujourd'hui possible de « guérir » à volonté *Bacillus megatherium* de sa lysogénie grâce à des passages en série en milieu synthétique citraté (N. A. Clarke et P. B. Cowles, communication personnelle). Nous confirmons l'efficacité de cette méthode. La souche de *B. m.* 899 (1) (la parenthèse indique la lysogénie; le signe entre parenthèses correspond au symbole du phage) a été repiquée deux fois par jour en milieu synthétique additionné d'oxalate M/125 (culture agitée à 37°). Au 27e passage, la souche était guérie. Le même résultat a d'ailleurs été obtenu en l'absence d'oxalate dans un milieu additionné de Cl_2Ca M/5 000. Quoi qu'il en soit, nos souches guéries, 899 (1*d*) (*d* pour *deletum*, symbole de la perte du prophage, c'est-à-dire de la guérison), comme celles obtenues par Clarke et Cowles, ne produisent pas de phage actif sur la souche indicatrice sensible, et sont devenues elles-mêmes sensibles au phage qu'elles produisaient avant leur guérison. Nous ajouterons que l'irradiation ultraviolette qui induit la lyse de 899 (1) n'induit pas celle de 899 (1*d*), non plus que celle de nos autres souches non lysogènes.

Nous ne connaissons pas le mécanisme de la guérison. On peut se le représenter comme une diminution de la vitesse relative de multiplication des prophages qui entraînerait une diminution de leur nombre. Une bactérie lysogène qui se diviserait alors qu'elle ne renferme qu'un seul prophage donnerait naissance à une bactérie lysogène et à une bactérie guérie.

Dans une souche lysogène les mutants sensibles, produisant des phages, sont éliminés; il est évident que ce sont les bactéries qui ne permettent pas le développement du prophage en phage, c'est-à-dire les bactéries « immunes », qui sont sélectionnées. Dans une souche guérie, si le mutant sensible possède un avantage sélectif sur le mutant immun, c'est lui qui sera sélectionné.

On peut donc mettre en contact 899 (1*d*) avec le phage 1 et isoler les bactéries qui n'auront pas été lysées. La plupart de ces souches, qui seront représentées par 899 (1*d*) (1), se comportent comme la souche originale : elles sont lysogènes, l'irradiation ultraviolette induit la lyse, chacune des bactéries libère une centaine de phages.

Mais l'un des clones, 899 (1*d*) 91 (1) que nous désignerons pour simplifier par 91 (1), présente un comportement remarquable. Il est lysogène. Les filtrats de culture renferment un phage qui, comme φ_1 (φ = phage) est actif sur les souches M, 17 (2) et M (2), inactif sur les souches 899 (1) et M (1). Il est donc impossible de distinguer le phage produit par 91 (1) de φ_1. On trouve dans les cultures environ 1 phage pour 10^3 bactéries. Si chacune des bactéries libérait 100 phages, cela voudrait dire qu'une bactérie sur 10^5 environ produit spontanément des phages. Après irradiation ultraviolette de 91 (1), on observe la croissance résiduelle, puis la lyse comme chez 899 (1), après une période latente d'une durée sensi-

blement égale à celle observée pour cette souche. *Mais la lyse de* 91 (1), *contrairement à celle des souches lysogènes « normales » induites, ne libère pas de bactériophages.* La souche conserve ces caractéristiques depuis plus d'un an.

Pourquoi donc tous les germes d'une population de 91 (1) se lysent-ils après irradiation ? La lyse dépendrait-elle d'une propriété bactérienne indépendante de la présence du prophage? Guérissons 91 (1) par passages en milieu synthétique. La souche guérie non lysogène, 91 (1 *d*), ne se lyse pas après irradiation.

Si l'on n'avait pas établi une relation entre la lyse des bactéries lysogènes après irradiation et le développement du prophage en phage, si l'on ne connaissait pas l'histoire complète de cette souche 91 (1) [= 899 (1 *d*), 91 (1)] le comportement de ses ancêtres 899 (1) et 899 (1 *d*), de son descendant 91 (1 *d*) [= 899 (1 *d*), 91 (1 *d*)] et des autres souches lysogènes et non lysogènes de la même espèce, on aurait pu penser que la lyse était due à l'action « directe » du rayonnement ultraviolet. En possession de ces données, nous devons conclure que l'effet lytique de l'irradiation sur cette souche est la conséquence d'une induction du développement du prophage. Mais ce développement n'aboutit pas à des corpuscules infectieux. L'irradiation est responsable du déclenchement d'un développement abortif qui entraîne cependant la lyse bactérienne.

Dans une population de bactéries 91 (1), une faible proportion de germes seulement (10^{-5}) est capable de conduire spontanément le développement du prophage à son terme; cette proportion n'est pas modifiée par l'irradiation. Le développement du prophage en phage comprend donc au moins deux phases qui se trouvent artificiellement dissociées dans la souche 91 (1) irradiée.

Des lignées de bactéries peuvent ainsi perpétuer héréditairement un provirus. Celui-ci peut, dans les conditions que nous venons de décrire, exercer une action létale sans qu'apparaisse la forme parfaite infectieuse. Seule la connaissance des antécédents pathologiques de la bactérie, la notion que nous avons d'une infection antérieure, aussi lointaine soit-elle, permet aujourd'hui d'attribuer la mort de la bactérie 91 (1) après irradiation au développement abortif d'un virus qui ne peut donner lui-même la preuve de ses origines et de ses potentialités.

A 16 h 20 mn l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Botanique, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Joseph Magrou* :

En première ligne............	M. **Henri Humbert**
En seconde ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*	MM. **Marius Chadefaud** **Pierre Chouard** **André Guillaumin** **Georges Mangenot** **Lucien Plantefol**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17 h 45 mn.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 DÉCEMBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Karl Willy Wagner**, Président de l'Académie des sciences et belles-lettres de Mayence, qui assiste à la séance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse régulière d'hydrocarbures naphtacéniques bisubstitués en péri par deux restes hydrocarbonés, identiques ou différents.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse**, **André Étienne** et **Robert Bucourt**.

Le procédé consiste à cycliser la cétimine provenant de l'action d'un réactif organométallique sur le benzyl-3 cyano-2 naphtol-1. La naphtacénone obtenue est traitée à son tour par un deuxième réactif organométallique. On décrit les naphtacènes monophénylé, diphénylé, phénylé et méthylé, ainsi que le mésophénylènenaphtacène.

Le procédé de synthèse du noyau naphtacénique, mésobisubstitué en péri, que nous avons récemment fait connaître ([1]), ne permet pas d'accéder facilement aux hydrocarbures eux-mêmes, surtout quand les deux substituants hydrocarbonés doivent être différents. Nous l'avons modifié à cette fin de la manière qui suit.

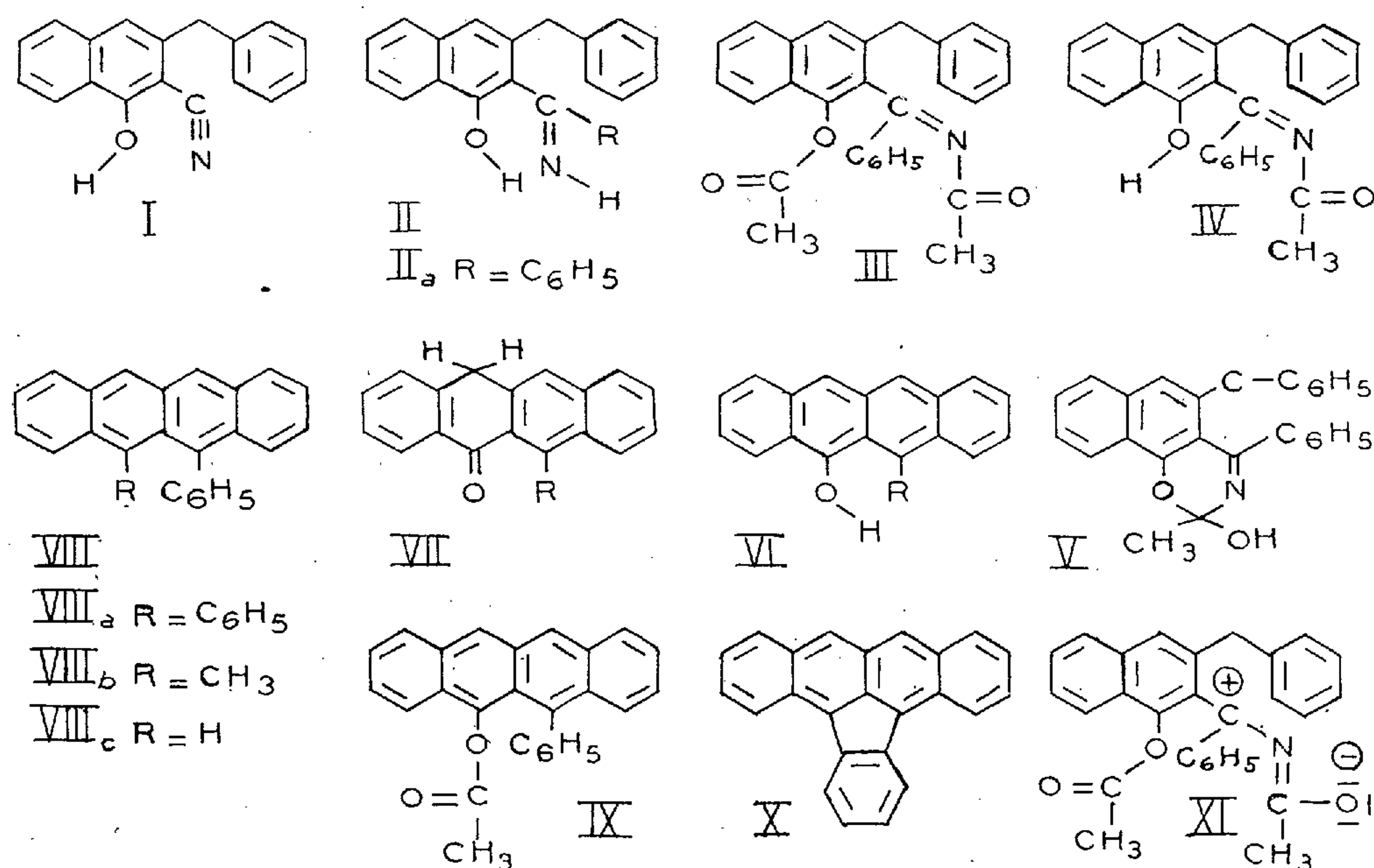
Au lieu de soumettre directement à la cyclisation le cyanonaphtol, I, on le transforme en cétimine, II, par le réactif organométallique voulu. La cyclisation, intervenant à ce moment-là, fournit l'hydroxynaphtacène substitué, VI, ou plutôt sa forme naphtacénonique, VII, qu'un nouveau traitement par un deuxième organométallique transforme, avec perte d'eau, en hydrocarbure naphtacénique, disubstitué en péri, de type VIII. Il suffit, en principe, de varier les deux réactifs organométalliques pour introduire deux radicaux

---

(*) Séance du 19 novembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2061.

hydrocarbonés quelconques Nous allons décrire les introductions du phényle, du méthyle et, comme cas limite où R = H, de l'hydrogène.



a. La phénylcétimine, II*a*, ainsi que ses dérivés diacétylé, III, et monoacétylé, IV, précédemment décrits ([2]), ont été soumis à des essais de cyclisation. Seul de ces trois composés, le dérivé diacétylé, III, donne aisément le résultat attendu. En traitant III par l'acide phosphorique à froid, on obtient, suivant la concentration de l'acide, l'acétoxyphénylnaphtacène, IX (acide à 90 %), ou la phénylnaphtacénone, VII (acide surchargé en anhydride).

Le phényl-9 acétoxy-12 naphtacène, IX, ($C_{26}H_{18}O_2$) est un corps en aiguilles rouges (alcool butylique), F_{inst} 225-226°. Ses solutions, jaunes à fluorescence verte, présentent dans leurs spectres les trois bandes d'absorption caractéristiques des corps naphtacéniques vrais, c'est-à-dire à structure entièrement aromatique.

La phényl-9 naphtacénone-12, VII($R = C_6H_5$), ($C_{24}H_{16}O$) est un corps légèrement jaune qui, recristallisé du cyclohexane, présente le dimorphisme caractérisé par le phénomène du double point de fusion : 1re F_{inst} à 191° suivie de resolidification; 2e F_{inst} à 204°. En accord avec la structure dihydro, VII, que nous lui attribuons, on ne trouve pas dans le spectre de ses solutions le système des trois bandes d'absorption des composés naphtacéniques vrais. La transformation de VII en IX a pu être réalisée par action des agents acétylants,

---

([2]) R. Bucourt, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 694.

en présence d'acide minéral fort comme catalyseur : il doit y avoir sans doute passage par la forme énol, VI($R = C_6H_5$).

Pour interpréter le fait étrange que la cétimine, II, traitée dans les mêmes conditions que son dérivé diacétylé, III, ne subit pas la cyclisation naphtacénique, nous nous référons au mécanisme admis pour l'attaque des noyaux benzéniques et d'après lequel l'atome assaillant doit porter une charge positive. Dans le cas présent cet atome étant un carbone, la cyclisation doit se faire par l'intermédiaire d'une forme carbénium, comme dans XI par exemple. On voit alors qu'elle doit être fortement facilitée par l'acidylation de la fonction cétimine qui refoule vers le carbone la polarisabilité positive de l'azote et qui double cette première action d'un effet électromère intense par résonance avec le carbonyle de l'acidyle, XI.

Le comportement du corps monoacétylé, IV, est plus compliqué; il fait l'objet d'une étude spéciale. Signalons simplement que nous avons envisagé l'intervention d'une structure « oxazinylium » résultant de la salification de l'intermédiaire hypothétique V.

b. Les organolithiens réagissent rapidement, et avec une particulière netteté, sur la phénylnaphtacénone, VII, pour donner le carbinol, lequel se déshydrate avec une extrême facilité en l'hydrocarbure correspondant. Dans les trois cas étudiés, la déshydratation, si elle n'a déjà pas été entièrement réalisée par contact avec l'excès de lithien, peut être aisément obtenue par agitation de la solution éthérée du carbinol avec de l'acide chlorhydrique aqueux.

Nous avons ainsi obtenu le diphénylnaphtacène, VIII*a*, le méthylphénylnaphtacène, VIII*b*, et, enfin, considéré comme cas limite où $R = H$, le monophénylnaphtacène, VIII*c*.

Le diphényl-9.12 naphtacène, VIII*a*, ($C_{30}H_{20}$), donné par action du phényllithium sur la phénylnaphtacénone, est un corps en aiguilles orangées (cyclohexane), F_{inst} 259°. Ce composé a été identifié avec celui qui avait été préparé antérieurement par réduction du dichlorodiphénylnaphtacène péri ([3]).

Le phényl-9 méthyl-12 naphtacène péri, VIII*b*, ($C_{25}H_{18}$), préparé en faisant réagir le méthyllithium, se présente sous forme d'aiguilles rouge orangé (alcool propylique) F_{inst} 158°.

Enfin, en faisant réagir l'hydrure mixte de lithium et d'aluminium, $AlLiH_4$ (qui peut être considéré comme le lithien de l'hydrogène), nous avons obtenu le monophényl-9 naphtacène VIII*c*, ($C_{24}H_{16}$), terme ultime de cette série. Il se présente sous forme de petits prismes jaunes (alcool), F_{inst} 191-192°.

Ces trois hydrocarbures, parmi lesquels VIII*b* et VIII*c* sont des corps assez solubles, donnent des solutions jaunes, possédant une fluorescence verte et présentant dans leurs spectres le système de trois bandes d'absorption caractéristiques des corps naphtacéniques vrais.

([3]) CH. DUFRAISSE, A. ÉTIENNE et J. JOLLY, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1243.

Il faut également rattacher à cette classe de composés un hydrocarbure naphtacénique disubstitué péri d'un type particulier : le phénylène-9.12 naphtacène, X, $(C_{24}H_{14})$, obtenu par cyclisation de la phénylnaphtacénone. Ce corps, en aiguilles rouge violet (cyclohexane) possède un double point de fusion : 1re F_{inst} 209-210°; 2e F_{inst} 218°. Il donne des solutions rouge violacé montrant également trois bandes d'absorption, comme les corps VIII*a*, VIII*b* et VIII*c*, mais celles-ci sont comparativement très déplacées vers le rouge.

Nota. — Avec le monophénylnaphtacène, se trouve obtenue la série complète des mésophénylnaphtacènes, comprenant : un corps tétraphénylé (rubrène) (4); un triphénylé (déphénylorubrène) (5); trois diphénylés : dia (6), antio (7), péri (3), et enfin un seul monophénylé, VIII*c*.

GÉOLOGIE. — *Un nouveau style tectonique : Les synclinaux fermés et inapparents des massifs cristallins externes des Alpes occidentales.* Note de M. **Léon Moret**.

Il existe dans ces massifs cristallins hercyniens, repris par l'orogénèse alpine, des synclinaux profonds ne se manifestant pas en surface; formés de Lias et surtout de Trias, ces structures ne peuvent être décelées que par des vallées transversales, lorsqu'elles existent, ou par des travaux souterrains.

On sait que les massifs cristallins externes de nos Alpes occidentales, fragments de la chaîne hercynienne incorporés à la chaîne alpine, ont subi au cours de l'orogénèse tertiaire un écaillage intense qui a débité la masse cristalline en une suite de coins plus ou moins puissants, séparés par d'étroits synclinaux généralement réduits au Trias et au Lias. La plupart de ces synclinaux sont bien visibles en surface puisque ouverts et soulignés par de minces rubans sédimentaires présentant parfois un très long parcours. C'est ainsi que le fameux synclinal-vallée de Chamonix, qui sépare le Mont-Blanc des Aiguilles Rouges et les racines synclinales plantées dans le Cristallin de Belledonne-Nord aux abords du lac de la Girotte et de Beaufort, en sont de beaux exemples.

On peut admettre que c'est par une de ces racines que le synclinal de Chamonix, de plus en plus laminé, pénétrerait, d'après P. Lory, dans le massif de Belledonne, où il va même acquérir une importance majeure en servant à subdiviser longitudinalement ce massif en deux rameaux.

Or, pendant ce long trajet, cet élément synclinal, repéré en surface par

---

(4) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et P. M. Dean, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1440; Ch. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1936, p. 1857.

(5) Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 242; Ch. Dufraisse (4).

(6) Ch. Dufraisse et M. Loury, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1673; Ch. Dufraisse (4).

(7) Ch. Dufraisse et R. Horclois, *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1936, p. 1894.

des traînées de sédiments mésozoïques, peut parfois disparaître : on admet alors que le synclinal se vide et l'on dit qu'il se cicatrise car les deux parois cristallines qui l'enserraient, laminées ou accompagnées de mylonites, viennent alors au contact. P. Lory a ainsi minutieusement suivi les vicissitudes du contact des deux rameaux interne et externe de Belledonne, depuis le col de La Bathie-Cevins jusqu'à la vallée du Drac en passant successivement par le col de Basmont, le col de Clarant, Fau-Laurent et, enfin, le lac Mort, près Laffrey.

Une structure écailleuse typique se rencontre sur la bordure orientale du Pelvoux et déjà, dans cette région, P. Gidon, puis J. Vernet, avaient remarqué la tendance de certaines de ces écailles cristallines à se chevaucher vers le haut de manière à recouvrir complètement le contenu sédimentaire du synclinal intercalaire (exemple : synclinal d'Aile-Froide à la cascade de Chambran). Mais ici, grâce à une vallée transversale franchissant le système des écailles imbriquées, le passage du synclinal, invisible localement dans le Cristallin de surface, peut être repéré sur les versants de ladite vallée.

Parfois, et en l'absence de toute vallée transversale, le passage d'un synclinal, momentanément cicatrisé en surface, ou coincé en profondeur, peut être retrouvé par des travaux souterrains. C'est ainsi que non loin de Vizille, le synclinal complexe de Fau-Laurent, qui disparaît vers le bas au droit de Faunafrey, a été mis en évidence lors du percement du tunnel destiné à dériver la Romanche vers l'usine de Vizille. Des échantillons indiscutables de cargneules triasiques, recueillis sur plusieurs dizaines de mètres dans ce souterrain, me furent communiqués dès 1945, ainsi qu'à P. Lory, par M. l'Ingénieur Bourgin, montrant ainsi l'irrégularité et la profondeur de l'enracinement de ce synclinal médian de Belledonne.

Mais il y a plus. En effet, des éléments synclinaux peuvent être traversés en profondeur par un souterrain, sans que rien en surface ne puisse faire prévoir leur présence. Ainsi, les travaux de la dérivation souterraine de la chute du Vénéon ont rencontré dans les gneiss de la rive gauche, entre le Lovitel et la gorge de la Muzelle, une mince passée de schistes liasiques.

Plus récemment, le grand tunnel de dérivation entrepris par E. D. F., qui doit relier, sous le massif cristallin du Mont Bellachat, la vallée de l'Isère (Tarentaise) à celle de l'Arc (Maurienne) en créant la chute dite Isère-Arc, a permis de faire des constatations encore plus sensationnelles. Ce souterrain, de 13 km sans fenêtre, doit rencontrer, au kilomètre 4 environ, la racine du synclinal du col de Basmont, synclinal bien visible à l'extérieur où, sur une largeur de 100 m, on en voit, au col même, le contenu liasique avec lisérés de cargneules triasiques dont le pendage Sud-Est, très redressé, épouse celui du feuilletage des schistes cristallins du massif.

Or, si l'on part de la tête aval (versant Arc) du tunnel, après avoir

traversé des schistes séricitcux et chloriteux, puis des schistes carburés très laminés jusqu'au kilomètre 2613, on entre brusquement dans une masse d'anhydrite, très saine et d'excellente tenue. Cette anhydrite, indubitablement triasique, et dont rien en surface, où toutes les roches sont cristallines, ne pouvait faire deviner la présence, a été traversée, sur plus de 130 m et je ne vois que deux hypothèses pour en expliquer la présence insolite. Ou elle représente le prolongement en profondeur du synclinal de Basmont, synclinal que l'on pouvait, *a priori*, s'attendre à rencontrer plus loin vers l'Est (probablement d'ailleurs à l'état de cicatrice dans le Cristallin), mais qui ne se comprendrait ici que par suite d'une importante torsion en direction. Ou elle est la manifestation profonde d'un nouveau synclinal, complètement cicatrisé en surface et miraculeusement conservé (on sait combien l'anhydrite est altérable sous l'action de l'eau) grâce à un enfouissement mécanique rapide dans des schistes cristallins relativement tendres et imperméables. Et c'est aussi ce qui permettrait de comprendre le fait paradoxal que ces roches sulfatées, presque toujours en « avance tectonique » et extravasées, soient ici au fond d'une véritable poche synclinale, prises comme dans une trappe, tandis que le synclinal ouvert du col de Basmont présente un Trias dolomitique, normalement privé de roches sulfatées.

Il est presque superflu d'ajouter que les constatations ici rapportées ne devront jamais être perdues de vue, à cause de leur caractère souvent imprévisible, au cours des travaux souterrains effectués dans les massifs centraux alpins.

M. **Louis de Broglie** présente à l'Académie les volumes 3 et 4 des *Tables de constantes et données numériques* dont le premier intitulé : *Constantes sélectionnées. Pouvoir rotatoire magnétique* (*Effet Faraday*), qui a pour auteur M. René de Mallemann, Correspondant de l'Académie, est complété par un état de la question concernant l'*Effet magnéto-optique de Kerr*, par François Suhner. Le second intitulé : *Constantes sélectionnées. Données spectroscopiques concernant les molécules diatomiques*, a été établi par R.-F. Barrow, A.-D. Caunt, A. R. Downie, R. Herman, E. Huldt, A. Mc Kellar, E. Miescher, B. Rosen et K. Wieland.

M. **Paul Pascal** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de Fernand Gallais intitulé : *Chimie minérale, théorique et expérimentale* (*Chimie électronique*), dont il a écrit la *Préface*.

En présentant un Ouvrage de M. Paul Delmas-Marsalet, intitulé : *Explora-*

tion fonctionnelle du muscle strié humain normal et pathologique (1), dont il a écrit la *Préface*, M. **Léon Binet** s'exprime en ces termes :

En découvrant la « loi des sommets », l'auteur a établi que la myofibrille est le support unique des activités clonique et tonique du muscle strié humain. La technique permettant de développer simultanément ces deux activités a permis l'étude systématique du muscle normal et pathologique ; ainsi ont pu être analysées les variations anodiques et cathodiques des activités clonigène et tonigène, le mécanisme électronique du tonus et de la subordination musculaire, la nature de l'activité rythmogène du muscle, le rôle des ions et la subordination chimique. Cette méthode de « myographie analytique », complétée par la « pharmacodynamie-retard-locale » rend facile l'étude de divers agents pharmacodynamiques. Des travaux de l'auteur, résulte un accord possible entre les doctrines opposées de Cambridge et de la Sorbonne sur l'excitabilité musculaire. Cet Ouvrage est le résultat de cinq années de recherches comportant l'enregistrement de plus de dix mille myogrammes : il constitue un document de valeur sur la physiologie du muscle strié.

M. **Maurice de Broglie** fait hommage d'un Ouvrage qu'il vient de publier dans la Collection *Sciences d'aujourd'hui*, intitulé : *Les premiers Congrès de physique Solvay et l'orientation de la physique depuis* 1911.

M. **Harlow Shapley** adresse à l'Académie plusieurs fascicules relatifs à ses travaux d'Astromomie.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Auguste Chevalier** est élu vice-président pour l'année 1952, par la majorité absolue des suffrages exprimés.

MM. **Émile Borel** et **Gabriel Bertrand**, par la majorité absolue des suffrages exprimés, sont réélus Membres des Commissions administratives.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Botanique, en remplacement de M. *Joseph Magrou*, décédé.

---

(1) In-8°, 223 pages et 159 figures.

Le nombre des votants étant 66,

M. Henri Humbert	obtient............	37	suffrages
M. Lucien Plantefol	»	11	»
M. Pierre Chouard	»	8	»
M. Georges Mangenot	»	4	»
M. Marius Chadefaud	»	3	»
M. André Guillaumin	»	3	»

M. **Henri Humbert**, ayant obtenu la majorité des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

PLIS CACHETÉS.

MM. **Camille Arambourg** et **Jean Orcel** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 24 septembre 1945 et enregistré sous le n° 12.100.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Observations préliminaires sur la présence d'un vanadate d'urane dans les gisements de phosphate du Maroc.*

(Renvoi à la Section de minéralogie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui désigner deux de ses Membres pour occuper chacune des deux places de Membres titulaires, vacantes au Bureau des Longitudes par le décès de MM. *Aimé Cotton* et *Élie Cartan*.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques.)

M. **Erich Tschermak von Seysenegg** adresse à l'Académie l'expression de ses sentiments de condoléances à l'occasion du décès de M. *Émile Schribaux*.

L'Académie est informée du **XI° Congrès brésilien de géographie** qui doit se tenir à Porto Alegre en février 1953.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° L. Lewin. *Advanced theory of Waveguides.*

2° *Brief summary of the geodetic work of the geographical survey Institute for the period* 1947-1950, by Katsuhiko Muto (Tokyo).

3° *The Reports of the Research Institute of Ceramic. The Tokyo Institute of Technology*, n° 1. Abstract Number 1943-1949 (1950).

4° *Journal of the Kagoshima Fisheries College*, vol. I.

ALGÈBRE. — *Une loi de réciprocité.* Note de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Je conserve les notations de ma Note précédente (¹). En plus, $f(x)$ étant un polynome, son terme constant sera noté $f^\star$; et, α étant un nombre complexe, ses parties réelle et imaginaire seront notées respectivement $\mathrm{R}e\alpha$ et $\mathrm{I}m\alpha$.

Il résulte du raisonnement du lemme de ma Note citée (¹) que *si* $\mathrm{K}'/k \in \mathfrak{A}$ *est telle que : a.* p_1 *et* p_2 *y possèdent des facteurs premiers* P'_1 *et* P'_2, *qui y soient de degré* 1 ; *b. on ait* $\mathrm{P}'_1 \equiv \mathrm{P}'_2 (\mathrm{mod}^\times \mathfrak{F}_{\mathrm{K}/\mathrm{K}'})$, *on a* $\Sigma(p_1) = \Sigma(p_2)$. Soit α un élément de K'/k, discriminantiel dans toute extension locale ramifiée de K/k, qui soit premier à p_2 et à tout facteur premier de p_1 dans K' autre que P'_1, et tel que $|\alpha|_{\mathrm{P}'_1} = |\mathrm{P}'_1|_{\mathrm{P}'_1}$. Alors, Λ étant le produit de tous les facteurs premiers de $\mathfrak{F}_{\mathrm{K}/k}$ dans K, la congruence $\mathrm{P}'_1 \equiv \mathrm{P}'_1 (\mathrm{mod}^\times \mathfrak{F}_{\mathrm{K}/\mathrm{K}'})$ est certainement remplie s'il existe un $\beta \in \mathrm{K}'$ tel que $(\alpha\beta^{-1}) = \mathrm{P}'_1 \mathrm{P}'^{-1}_2$ et que $\alpha \equiv \beta (\mathrm{mod}\, \mathfrak{F}_{\mathrm{K}/\mathrm{K}'})$. Or, ceci équivaut à deux conditions : 1° $f_{\alpha/k}$ et $f_{\beta/k}$ ont leurs coefficients entiers, et le p. g. c. d. des $f^\star_{\alpha/k}$ et $f^\star_{\beta/k}$ avec $p_1^2 p_2^2$ sont respectivement p_1 et p_2 ; pour tout idéal premier Q de K, divisant $\alpha\beta$ et ne divisant pas $p_1 p_2$, $|f^\star_{\alpha/k,\mathrm{Q}}|_{\mathrm{Q}}$ et $|f^\star_{\beta/k,\mathrm{Q}}|_{\mathrm{Q}}$ sont égaux; 2° $f_{\alpha/k} \equiv f_{\beta/k} (\mathrm{mod}\, \mathfrak{F}_{\mathrm{K}/k} \Lambda)$ [au sens de ma Note citée (¹)]. On renforce, évidemment, cette seconde condition si on la remplace par $f_{\alpha/k} \equiv f_{\beta/k} (\mathrm{mod}\, \mathfrak{F}^\star_{\mathrm{K}/k})$. D'autre part, les hypothèses sur α seront sûrement satisfaites si l'on suppose que $f_{\alpha/k}$ est discriminantiel jusqu'à $|\sqrt{\mathrm{D}_{\mathrm{K}}}|$. Mais, alors, en vertu de la loi de monodromie, il suffira de supposer que $f_{\beta/k}$ possède un zéro dans K et est de même degré que $f_{\alpha/k}$ pour être sûr qu'il en possède un dans K'.

Il existe des $\alpha \in \mathrm{K}'$ satisfaisant à certaines conditions supplémentaires Soient $\mathrm{C}'_1, \mathrm{C}'_2, \ldots, \mathrm{C}'_h$ toutes les classes d'idéaux de K', et soit γ'_i un représentant fixé de C'_i.

De même, soient $\mathrm{T}_1, \mathrm{T}_2, \ldots, \mathrm{T}_\mu$ toutes les classes de congruence $(\mathrm{mod}\, \Lambda\Lambda_{\mathrm{K}/k})$

(¹) M. Krasner, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 995.

des entiers de K', et soit t_i un représentant de T_i. Alors, si $P'_1 \in C_i'^{-1}$, $\gamma'_i P'_i$ est principal, et, par suite, engendré par un $\bar{\alpha} \in K'$. Il existe un T_j tel que tous les éléments de $\bar{\alpha} T_j$ soient discriminantiels jusqu'à $|\sqrt{D_k}|$; en particulier si ε' est une unité de K' congrue à I $(\bmod\, \Lambda\Lambda_{K/k})$, $\alpha = \varepsilon' \bar{\alpha} t_j$ l'est. Or, on sait qu'il est possible de choisir cette unité ε' de telle sorte que tous les conjugués absolus de α (c'est-à-dire ses conjugués par rapport au corps rationnel), distincts de α et de son imaginaire conjugué, se trouvent dans un certain « domaine fondamental » ne dépendant que des K'/k et $\Lambda\Lambda_{K/k}$, par exemple un carré du plan complexe de centre zéro et de côté $2R_{K'}$ convenable (ceci résulte de la démonstration du théorème des unités due à Dirichlet lui-même). Ainsi, si $M_{K'}$ est max $N_{K'}(\gamma'_i t_j)$ on peut assujettir α aux conditions supplémentaires suivantes :

a. $N_{K'}(\alpha) \leqq M_{K'} N_k(p_1)$, et *b.* pour tout conjugué absolu $\alpha^{(i)}$ de α, distinct de α et de son imaginaire conjugué, on a $|\mathrm{Re}\,\alpha^{(i)}| \leqq R_{K'}$ et $|\mathrm{Im}\,\alpha^{(i)}| \leqq R_{K'}$. On sait qu'il n'existe qu'un nombre fini de polynomes $f(x)$ de k, qui possèdent un zéro satisfaisant [pour $M_{K'}$, $R_{K'}$ et $N_k(p_1)$ fixés] à ces conditions *a*, *b*. Si pour un tel α, un $\beta^\star$ satisfait aux conditions 1°, 2°, on a $N_{K'}(\beta^\star) \leqq M_{K'} N_k(p_2)$, et, en multipliant $\beta^\star$ par une unité convenable $\varepsilon'' \equiv 1 \,(\bmod\, \Lambda\Lambda_{K/k})$ de K', on peut obtenir un $\beta = \varepsilon'' \beta^\star$ satisfaisant à la condition *b*. Soient $M = \max M_{K'}$ et $R = \max R_{K'} (K'/k \in \mathfrak{A})$; et soient $S_{K/k,T}$, $S^{\mathfrak{A}}_{K/k,T}$ les ensembles des polynomes normés irréductibles f de k, définissant des sous-extensions K'/k de K/k quelconques respectivement appartenant à $\mathfrak{A}$, tels que, si $F(x)$ est la norme absolue $N_k f(x)$ de $f(x)$, on ait : A. $|F^\star| \leqq MT$, et B. pour tous les zéros α de $F(x)$, sauf, peut-être un zéro réel ou un couple de zéros imaginaires conjugués, on a $|\mathrm{Re}\,\alpha| \leqq R$ et $|\mathrm{Im}\,\alpha| \leqq R$. Ceci posé, on peut formuler la

LOI DE RÉCIPROCITÉ. — *S'il existe des polynomes $f(x) \in S^{\mathfrak{A}}_{K/k, N_k(p_1)}$ et $g(x) \in S^{\mathfrak{A}}_{K/k, N_k(p_2)}$, tels que :* A. $|f^\star|_{p_1} = |p_1|_{p_1}$, $|f^\star|_{p_2} = 1$, $|g^\star|_{p_1} = 1$ *et* $|g^\star|_{p_2} = |p_2|_{p_2}$; B. $\mathfrak{M}$ *étant le p. p. c. m. des idéaux premiers* Q *premiers à* $p_1 p_2$ *et tels que* $N_K(Q) \leqq M''$, $f \equiv g (\bmod\, \mathfrak{F}^\star_{K/k} \mathfrak{M})$, *on a* $\Sigma(p_1) = \Sigma(p_2)$.

Remarque. — On peut remplacer, dans l'énoncé précédent, les $S^{\mathfrak{A}}_{K/k\,T}$ par les $S_{K/k,T}$ correspondants si l'on exige non l'existence d'un seul couple $[f(x), g(x)]$, satisfaisant aux conditions A et B, mais l'existence d'un tel couple quel que soit $f(x) \in S_{K/k, N_k(p_1)}$, fixé d'avance, et satisfaisant à la condition A, ou quel que soit $g(x)$ analogue fixé d'avance.

Cette loi de réciprocité a nettement la forme d'un « critère par classes de congruence » assez analogue à celui du cas abélien (auquel il se réduit, d'ailleurs, en fait, quand K/k est abélienne). En effet, en se bornant aux idéaux p tels que $N_k(p) > M^n$ (auquel cas $\mathfrak{M}$ est constant), soit Φ_p l'ensemble (forcément fini) des $f \in S^{\mathfrak{A}}_{K/k, N_k(p)}$ tels que $|f^\star|_p = |p|_p$. Alors, si $\bar{p}$ est un autre idéal premier de k tel que $N_k(\bar{p}) > M^n$, pour tout $f \in \Phi_p$, $f^\star$ est premier à $\bar{p}$. L'ensemble de toutes les classes $(\bmod\, \mathfrak{F}^\star_{K/k} \mathfrak{M})$ des polynomes, définissant

quelque sous-extension de K/k, est visiblement fini; soit Ψ_q l'ensemble de ces classes, contenant quelque $f \in \Phi_q$. La loi de réciprocité formulée dit que l'on a $\Sigma(p_1) = \Sigma(p_2)$ dès que Ψ_{p_1} et Ψ_{p_2} ont un élément commun, et, *a fortiori*, quand ils coïncident.

On peut remplacer, dans l'énoncé de cette loi, $S_{K/k,T}$ par l'ensemble $S_{D,R,M,T}$ des polynomes normés irréductibles de k, dont le discriminant D_f satisfait à la condition $|N_k(D_f)| \leq D'$, et qui satisfont, en plus, à toutes inégalités indiquées plus haut, mais ne sont pas supposés avoir des zéros dans K. La possibilité d'un tel énoncé exige qu'on puisse définir, pour tout idéal L, quelque congruence au moins aussi fine que $f \equiv g (\mathrm{mod}\, L)$, mais à un nombre fini de classes, et ceci, d'une manière indépendante du choix de K. Cela peut, effectivement, se faire. Mais, pour pouvoir appliquer la loi de monodromie, dans ce cas, il faut remplacer $|\sqrt{D_K}|$ par une constante plus grande et modifier, d'une manière correspondante, l'idéal $\mathfrak{F}^*_{K/k}$ et les constantes R et M.

ALGÈBRE. — *Application d'un théorème de M. Lidskii à la recherche des limites supérieure et inférieure des parties réelles des zéros d'un polynome.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

Soit le polynome

$$f(z) = z^n + a_1 z^{n-1} + \ldots + a_{n-1} z + a_n,$$

on sait que ses zéros sont les valeurs caractéristiques de la matrice

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \ldots & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & 1 \\ -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & \ldots & -a_1 \end{pmatrix}$$

et il en résulte que les parties réelles des zéros de $f(z)$ seront comprises entre la plus petite et la plus grande valeur caractéristique de la partie symétrique de M, soit de la matrice

$$M_s = \begin{pmatrix} 0 & \frac{1}{2} & 0 & \ldots & 0 & -\frac{a_n}{2} \\ \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & \ldots & 0 & -\frac{a_{n-1}}{2} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & \frac{1-a_2}{2} \\ -\frac{a_n}{2} & -\frac{a_{n-1}}{2} & -\frac{a_{n-2}}{2} & \ldots & \frac{1-a_2}{2} & -a_1 \end{pmatrix}$$

Cette matrice symétrique M_s peut être considérée comme la somme des

deux matrices symétriques

$$M_s^{(1)}=\begin{pmatrix} 0 & \frac{1}{2} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \frac{1}{2} & 0 \end{pmatrix}, \qquad M_s^{(2)}=\begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & -\frac{a_n}{2} \\ 0 & 0 & \dots & 0 & -\frac{a_{n-1}}{2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \frac{1-a_2}{2} \\ -\frac{a_n}{2} & -\frac{a_{n-1}}{2} & \dots & \frac{1-a_2}{2} & -a_1 \end{pmatrix}.$$

Les valeurs caractéristiques de la première ont pour forme générale

$$\lambda_k = \cos\frac{k\pi}{n+1} \qquad (k=1, 2, \dots, n).$$

Calculons les valeurs caractéristiques de la seconde.

Pour $n=2$ et $n=3$, les polynomes caractéristiques de $M_s^{(2)}$ s'écrivent

$$-z\left[z^2+a_1 z-\left(\frac{1-a_2}{2}\right)^2-\left(\frac{a_3}{2}\right)^2\right], \qquad z^2\left[z^2+a_1 z-\left(\frac{1-a_2}{2}\right)^2-\left(\frac{a_3}{2}\right)^2-\left(\frac{a_4}{2}\right)^2\right].$$

Nous allons montrer que, d'une façon générale, le polynome caractéristique de $M_s^{(2)}$ s'écrit

$$(-1)^n z^{n-2}\left[z^2+a_1 z-\left(\frac{1-a_2}{2}\right)^2-\dots-\left(\frac{a_n}{2}\right)^2\right].$$

La propriété est vraie pour $n=2$ et $n=3$, supposons-la vraie pour $n-1$ et montrons qu'elle est vraie pour n.

Il vient immédiatement pour l'expression du polynome caractéristique de $M_s^{(2)}$

$$-z\left\{(-1)^{n-1}z^{n-3}\left[z^2+a_1 z-\left(\frac{1-a_2}{2}\right)^2-\dots-\left(\frac{a_{n-1}}{2}\right)^2\right]+(-1)^{n-1}\left(\frac{a_n}{2}\right)^2 z^{n-2}\right\},$$

soit

$$(-1)^n z^{n-2}\left[z^2+a_2 z-\left(\frac{1-a_2}{2}\right)^2-\dots-\left(\frac{a_n}{2}\right)^2\right],$$

ce qu'il fallait établir.

Les valeurs caractéristiques de $M_2^{(s)}$ sont donc

$$z=0, \qquad z=\frac{1}{2}\left[-a_1\pm\sqrt{(a_1)^2+(1-a_2)^2+\dots+(a_n)^2}\right]$$

et le théorème de Lidskii ([1]) permet alors de dire que les parties réelles des zéros du polynome $f(z)$ sont comprises entre les limites

$$-\frac{1}{2}\left[+a_1+\sqrt{a_1^2+(1-a_2)^2+\dots+(a_n)^2}\right]-\cos\frac{\pi}{n},$$

$$\frac{1}{2}\left[-a_1+\sqrt{(a_1)^2+(1-a_2)^2+\dots+(a_n)^2}\right]+\cos\frac{\pi}{n},$$

([1]) *Doklady Akad Nauk S. S. S. R.*, nouv. série, **75**, 1950, p. 769.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités des intégrales de Laplace.* Note de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

1. Dans ce paragraphe, $\alpha(t)$ est une fonction complexe définie pour $t \geqq 0$ et à variation bornée sur tout intervalle fini. On suppose que l'intégrale $\int_0^{+\infty} e^{-st}\,d\alpha(t)$ a une abscisse de convergence σ_c finie, et l'on désigne par $f(s)$ la fonction qu'elle représente.

Théorème I. — *Supposons qu'il existe une fonction réelle $\psi(t)$ continue pour t supérieur ou égal à un certain t_0 positif ou nul, et un nombre réel φ satisfaisant à $0 \leqq \varphi < \pi/2$, tels que :*

1° *Quels que soient t' et t'' satisfaisant à $t_0 \leqq t' < t''$, la quantité $\int_{t'}^{t''} e^{-i\psi(u)}\,d\alpha(u)$ ait un argument de valeur absolue au plus égale à φ, ou bien soit nulle;*

2° *Quel que soit h positif, la différence $\psi(t+h)-\psi(t)$ tende vers 0 quand t tend vers $+\infty$.*

Alors le point σ_c est un point singulier pour la fonction $f(s)$ (1).

Ce théorème permet de répondre affirmativement à une question posée par G. Dœtsch au bas de la page 155 de son *Handbuch der Laplace-Transformation.*

Notre méthode de démonstration permet aussi d'établir le théorème suivant :

Théorème II. — *Faisons les hypothèses déduites de celles du théorème* I *en remplaçant* 2° *par :*

2′ *Quels que soient t' et t'' supérieurs ou égaux à t_0,*

$$|\psi(t'')-\psi(t')| \leqq k\,|t''-t'|.$$

Alors, $f(s)$ possède au moins un point singulier sur le segment $[\sigma_c - ik\,C(\varphi),\ \sigma_c + ik\,C(\varphi)]$, où $C(\varphi)$ est un nombre positif dépendant uniquement de φ.

Il est clair que $C(\varphi)$ n'est pas déterminé de façon unique. Il le devient si on lui impose d'être le plus petit possible. Alors $C(\varphi)$ est une fonction non décroissante de φ, qui tend vers $+\infty$ quand φ tend vers $\pi/2$.

2. Le cas particulier du théorème II correspondant à $\varphi = 0$ mérite une attention particulière. $C(\varphi)$ étant choisi comme on vient de dire, on démontre que $C(0) = 1$. On en déduit l'énoncé suivant :

Théorème III. — *Soient $\theta(t)$ une fonction réelle continue pour $t \geqq 0$, et $v(t)$ une fonction réelle non décroissante pour $t \geqq 0$.*

Supposons que l'intégrale $\int_0^{+\infty} e^{-st}.e^{i\theta(t)}\,dv(t)$ ait une abscisse de convergence σ_c finie, et désignons par $f(s)$ la fonction qu'elle représente.

---

(1) Le cas particulier de ce théorème correspondant à $\psi(t) = 0$ est une généralisation triviale d'un théorème de Fekete sur les séries de Dirichlet (*Comptes rendus*, 150, 1910, p. 1033).

Si l'on a, quels que soient t' et t'' au moins égaux à un certain t_0 positif ou nul,

$$|\theta(t'') - \theta(t')| \leqq k|t'' - t'|,$$

la fonction $f(s)$ possède au moins un point singulier sur le segment $[\sigma_c - ik, \sigma_c + ik]$.

Ce théorème contient le théorème bien connu de Polya d'après lequel, si la série de Dirichlet $\sum_1^{+\infty} a_n e^{-\lambda_n s}$ a une abscisse de convergence finie et si l'on a

$$\lim_{n \to +\infty} (\lambda_{n+1} - \lambda_n) = l > 0,$$

tout segment de longueur $2\pi/l$ de la droite de convergence contient au moins un point singulier de la fonction représentée par la série.

En effet, on voit immédiatement que, pour établir ce dernier résultat, il suffit de montrer que le fait que l'on ait $\lambda_{n+1} - \lambda_n \geqq \delta > 0$ pour $n \geqq n_0$ entraîne l'existence d'au moins un point singulier sur le segment $[\sigma_c - i(\pi/\delta), \sigma_c + i(\pi/\delta)]$.

Si l'on pose $a_n = \rho_n e^{i\theta_n}$, avec $\rho_n \geqq 0$, la série $\sum_1^{+\infty} a_n e^{-\lambda_n s}$ peut se mettre sous la forme

$$\int_0^{+\infty} e^{-st} e^{i\theta(t)} d\varphi(t),$$

où $\varphi(t)$ est égale à zéro pour $t \leqq \lambda_1$ et à $\rho_1 + \rho_2 + \ldots + \rho_n$ pour $\lambda_n < t \leqq \lambda_{n+1}$, $n = 1, 2, 3, \ldots$, et où $\theta(t)$ satisfait à $\theta(\lambda_n) = \theta_n$ et est constante pour $t \leqq \lambda_1$ et linéaire dans chacun des intervalles $[\lambda_n, \lambda_{n+1}]$.

Mais, chaque θ_n n'étant déterminé qu'à un multiple de 2π près, on peut supposer que $|\theta_{n+1} - \theta_n| \leqq \pi$. On voit alors que, quels que soient t' et t'' au moins égaux à λ_{n_0},

$$|\theta(t'') - \theta(t')| \leqq \frac{\pi}{\delta} |t'' - t'|.$$

Comme autre corollaire particulièrement simple, citons le résultat suivant :

Théorème IV. — *Soit la série entière $\sum_0^{+\infty} a_n z^n$, de rayon de convergence R fini, et soit $F(z)$ sa somme.*

Supposons que $a_n = \rho_n e^{i\theta_n}$, avec $\rho_n \geqq 0$, et $|\theta_{n+1} - \theta_n| \leqq \pi$.

Si l'on a $\overline{\lim}_{n \to +\infty} |\theta_{n+1} - \theta_n| = \gamma < \pi$, la fonction $F(z)$ possède au moins un point singulier sur l'arc du cercle de convergence décrit par le point $z = Re^{i\theta}$ quand θ parcourt l'intervalle $[-\gamma, +\gamma]$ [2].

---

[2] Ce théorème généralise le résultat bien connu de E. Fabry d'après lequel, si $\theta_{n+1} - \theta_n$ tend vers zéro, le point $z = R$ est singulier (*Ann. Sc. Ec. Norm. Sup.*, 3e série, **13**, 1896, p. 367-399).

GÉOMÉTRIE. — *Pentagones et pentaèdres conjugués à une quadrique.* Note (*) de M. **David Wolkowitsch**, présentée par M. Paul Montel.

Cinq points quelconques de l'espace forment un pentagone. En joignant ces points deux à deux, on obtient $C_5^2=10$ arêtes, en les associant trois à trois, on obtient $C_5^3=10$ faces; à chaque face correspond une arête.

1° Un pentagone est dit conjugué à une quadrique Q, quand le pôle de chaque face se trouve sur l'arête correspondante.

2° Corrélativement un pentaèdre (5 faces, 10 sommets, 10 arêtes) est conjugué à une quadrique si le plan polaire d'un sommet passe par l'arête du dièdre des deux faces qui ne contiennent pas ce sommet.

3° *Existence des pentagones conjugués à une quadrique.* — Soit un système de 5 masses m_k, appliquées aux points A_k ($k=1, 2, 3, 4, 5$); il admet une quadrique centrale d'inertie e; le pentagone est conjugué à la quadrique ε, conjuguée de e (concentrique et homothétique dans le rapport i).

Considérons en effet la face $A_1A_2A_3$ par exemple, et un plan P quelconque, contenant l'arête A_4A_5; soit d_k et d'_k les distances du point A_k aux plans $A_1A_2A_3$ et P. On a manifestement $\Sigma m_k d_k d'_k=0$; c'est la condition pour que le pôle de $A_1A_2A_3$ soit sur A_4A_5.

4° L'équation tangentielle de la quadrique ε, conjuguée au pentagone A_k est celle de la quadrique enveloppe des plans d'inertie nulle $\Sigma m_k(A_k)^2=0$, $(A_k)=0$ étant l'équation tangentielle du point A_k.

Nous avons ainsi une quadrique d'une famille à cinq paramètres linéaires homogènes m_k; ces quadriques satisfont donc à cinq conditions : elles sont harmoniquement inscrites à toutes les quadriques ponctuelles passant par les cinq points A_k.

5° Les pentagones conjugués à une quadrique donnée satisfont eux aussi à cinq conditions; ils dépendent donc de $15-5=10$ paramètres. On vérifie aisément que les pentagones conjugués à une quadrique et admettant un sommet donné (3 paramètres) dépendent de 7 paramètres.

6° Quadrique conjuguée à deux pentagones donnés A_k et α_k. Une telle quadrique n'existe pas en général car elle devrait satisfaire à $2\times 5=10$ conditions. Pour qu'elle existe il faut que les deux pentagones satisfassent à une condition : ils doivent *être inscrits dans une même quadrique*.

Cette condition remplie, la quadrique existe et elle est *unique*. Corrélativement, il existe une quadrique et une seule conjuguée à deux pentaèdres donnés, *s'ils sont circonscrits à une même quadrique*.

7° *Réseau tangentiel linéaire défini par trois quadriques.* — Trois quadriques

(*) Séance du 26 novembre 1951.

tangentielles admettent un pentagone conjugué commun (15 paramètres et 3×5 conditions). Ce pentagone est unique parce que s'il en existait un second, il existerait plus d'une quadrique conjuguée à ces deux pentagones, ce qui est impossible d'après 6°. Ce pentagone est conjugué à toutes les quadriques du réseau tangentiel.

Corrélativement : il existe un pentaèdre conjugué à trois quadriques données ainsi qu'à toutes les quadriques du réseau ponctuel qu'elles déterminent.

8° A tout système de cinq masses appliquées aux sommets d'un pentagone donné correspond une quadrique ε; inversement, connaissant la quadrique e centrale d'inertie d'un système S donné, on peut lui substituer un système dynamiquement équivalent, de cinq masses appliquées aux sommets d'un pentagone donné anticonjugué à e, c'est-à-dire conjugué à ε; ce système est unique.

Nous pourrons, par suite, étudier un réseau tangentiel en considérant chacune des quadriques de base $\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3$, comme la quadrique conjuguée de la quadrique centrale d'inertie d'un système S, S′ ou S″ constitué par cinq masses appliquées aux sommets du pentagone conjugué commun aux quadriques du réseau.

Désignons ces masses par m_k, m'_k, m''_k (ce sont des données) et par λ et μ les paramètres qui définissent les quadriques du réseau; celles-ci seront les quadriques ε des systèmes $S + \lambda S' + \mu S''$ formés par les masses

$$m_k + \lambda m'_k + \mu m''_k.$$

A tout système de valeurs λ et μ correspond une quadrique du réseau.

9° Prenons pour valeurs de λ et μ, les solutions des deux équations

$$m_1 + \lambda m'_1 + \mu m''_1 = 0 \quad \text{et} \quad m_2 + \lambda m''_2 + \mu m''_2 = 0$$

M_1 et M_2 s'annulent, il reste un système de trois masses $M_3 M_4 M_5$ dans le plan $A_3 A_4 A_5$; la quadrique du réseau est dégénérée en une conique : la conique conjuguée de la conique centrale d'inertie du système des trois masses $M_3 M_4 M_5$.

Nous obtiendrons ainsi une conique dans chaque face, soit 10 en tout; leurs centres se trouvent dans le plan des centres des coniques de base.

Corrélativement : il existe, dans un réseau ponctuel de quadriques, 10 cônes, ayant pour sommets les sommets du pentaèdre conjugué commun aux quadriques du réseau.

10° Si le déterminant $\| m_p m'_p m''_p \|$, $p = 1, 2, 3$, est nul, les équations

$$M_1 = 0, \qquad M_2 = 0, \qquad M_3 = 0$$

sont compatibles en λ et μ les trois masses M_1, M_2, M_3 s'annulent simultanément; le réseau comprend une quadrique dégénérée en deux points de l'arête $A_4 A_5$, ces deux points constituent l'ellipse ε des masses M_4 et M_5.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la métrique des courbes algébriques.*
Note de M. **Panaïotis Ladopoulos**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Par la présente étude, on introduit dans la Géométrie euclidienne du plan une métrique des courbes algébriques.

1. *Définitions.* — Les définitions ci-après ainsi que les théorèmes subséquents se rapportent à la Géométrie euclidienne du plan.

Considérons deux courbes algébriques d'ordre n, (C'_n) et (C''_n). Ces courbes déterminent un faisceau. Nous appellerons *courbes isotropes* les deux courbes du faisceau (I) et (J) qui passent respectivement par les points cycliques I et J.

Nous introduisons l'expression

$$\omega_{12} = \frac{1}{2i}\log[C'_n C''_n IJ] \qquad (\text{mod } \pi),$$

où $[C'_n C''_n IJ]$ signifie le rapport anharmonique des quatre courbes (C'_n), (C''_n), (I), (J).

Nous appellerons la valeur prise par cette expression « mesure de l'angle des deux courbes (C'_n), (C''_n) » ou brièvement « *angle des deux courbes* ».

Cas particulier. — Si le faisceau déterminé par (C'_n) et (C''_n) comprend une courbe algébrique cyclique d'ordre n, l'angle de celles-ci est égal à zéro.

2. Théorème I. — *L'angle de deux courbes algébriques d'ordre n est égal à la somme des n angles que forme chaque asymptote de l'une avec chaque asymptote de l'autre, chaque asymptote étant prise seulement une fois.*

Pour démontrer ce théorème nous utilisons le lemme suivant :

Lemme. — *Si* $(A_{11}, A_{21}, A_{31}, \ldots, A_{n1})$, $(A_{12}, A_{22}, A_{32}, \ldots, A_{n2})$, $(A_{13}, A_{23}, A_{33}, \ldots, A_{n3})$, $(A_{14}, A_{24}, A_{34}, \ldots, A_{n4})$ *sont quatre groupes de n points sur une droite* ε, *découpés par quatre courbes* (C_1), (C_2), (C_3), (C_4) *d'un faisceau de courbes algébriques d'ordre n, on a*

$$[C_1 C_2 C_3 C_4] \equiv (A_{11} A_{12} A_{13} A_{14})(A_{11} A_{12} A_{23} A_{24})\ldots(A_{11} A_{12} A_{n3} A_{n4}).$$

Théorème II. — *L'angle de deux courbes algébriques est égal à la différence des orientations* [1] *des asymptotes par rapport au même axe.*

3. Soient O le centre harmonique, selon Poncelet [2], d'une courbe algébrique (C_n) d'ordre n et Ox un axe fixe quelconque. Menons les parallèles Oa_1, Oa_2, ..., Oa_n aux asymptotes de (C_n) et posons

$$\alpha_i = \text{angle}(Ox, Oa_i), \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

[1] *Œuvres de Laguerre*, II, 1905, p. 69.

[2] J.-V. Poncelet, *Applic. d'Analyse et de Géométrie*, p. 160.

Nous appelons *axes de la courbe* (C_n) les droites Ob_k telles que

$$\text{angle}\,(Ox,\,Ob_k) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n}\alpha_i + k\frac{\pi}{n} \qquad (k=1,\,2,\,\ldots,\,n).$$

On obtient ainsi un faisceau de n droites b_k dont deux successives forment entre elles un angle égal à π/n.

Nous appellerons *angle des axes de deux courbes algébriques*, l'angle dont on fait tourner le faisceau des axes de l'une de ces courbes, suivant le sens positif de rotation, jusqu'à ce que les droites de celui-ci deviennent parallèles aux droites du faisceau des axes de l'autre.

Ces dernières définitions étant données, le théorème du paragraphe 2 s'énonce ainsi :

L'angle de deux courbes algébriques d'ordre n est égal à n fois l'angle de leurs axes.

4. Théorème. — *La courbe dégénérée formée par les axes d'une courbe algébrique* (C_n) *d'ordre n est perpendiculaire ou parallèle à la courbe* (C_n) *suivant que n est pair ou impair.*

Corollaires. — *a. Les axes d'une courbe algébrique d'ordre n impair, coupent la courbe en des points situés sur une courbe circulaire.*

b. Si les points d'intersection de deux courbes algébriques d'ordre n sont situés sur une courbe circulaire d'ordre n, les axes des deux courbes sont parallèles.

c. Si des n^2 *points d'intersection de deux courbes* (C'_n) *et* (C''_n) *d'ordre n, mn points sont situés sur une courbe circulaire d'ordre m, les courbes* (C'_n) *et* (C''_n) *sont parallèles.*

d. Si un cercle (K) *rencontre deux courbes algébriques* (C'_n) *et* (C''_n) *d'ordre n, la différence des orientations des cordes communes à* $(C'_n,\,K)$ *et* $(C'_n,\,K)$ *est égale à l'angle des courbes* (C'_n) *et* (C''_n).

Il est facile de voir que le théorème relatif de Liouville ne paraît plus que comme une conséquence immédiate du corollaire *d* ci-dessus.

De même les théorèmes de Laguerre relatifs à l'orientation de différents systèmes de droites en relation avec une courbe algébrique découlent d'une façon toute naturelle des propositions précédentes.

5. Théorème. — *Les courbes algébriques circulaires d'ordre* $n+1$ *qui passent par les* n^2 *points d'intersection de deux courbes algébriques* (C'_n) *et* (C''_n) *d'ordre n et par deux points arbitraires* A′ *et* A″, *pris respectivement sur* (C'_n) *et* (C''_n), *passent par* $2n-3$ *points situés sur un arc de cercle capable de l'angle de ces deux courbes.*

GÉOMÉTRIE. — *Une extension du groupe conforme.*
Note (*) de M. **Roger Pernet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Construction d'un groupe engendré par l'adjonction au groupe conforme d'un groupe de quasi-inversions et quasi-homothéties. Variété homogène associée. Applications diophantiennes.

Notations de la Note précédente.

La condition de cosphéricité de deux cercles C, C' de $\mathcal{E}$ s'exprime par une équation hypohermitienne du sixième degré $V(\lambda, \mu, \lambda', \mu', \bar{\lambda}, \bar{\mu}, \bar{\lambda}', \bar{\mu}') = 0$ revêtant deux formes selon que le rayon de S est 1 ou i. D'où une variété V, à sept dimensions réelles, immergée dans un espace euclidien à quatre dimensions complexes lieu des points $m(\lambda, \mu, \lambda', \mu')$. Soit V' la variété telle que $V = V' \cup W$ et $V' \cap W = \emptyset$, W étant la variété $\lambda = \lambda'$ ou $\mu = \mu'$ si $R = 1$ (resp. $\lambda = \lambda'$ et $\mu = \mu'$ si $R = i$).

La relation à deux points $m_1 \in V'$, $m_2 \in V'$ correspond un même point $M^\star \in E^\star$ est une équivalence R_1 déterminant des classes $m^\star$ points d'une variété :

$V'/R_1 \simeq E^\star$(resp. $E^\star - S^\star$ si $R = 1$) $\simeq G_s/G_s^0$, où G_s est le sous-groupe conforme conservant S et G_s^0 le sous-groupe de G_s laissant invariante une classe $m_0^\star$.

La relation à deux points $m_1 \in V'$, $m_2 \in V'$ correspondent deux couples cosphériques de $\mathcal{E}$ de même angle est une équivalence R_2 déterminant les classes $m^\star$, points d'une variété V'/R_2 (une classe $m^\star$ est aussi l'ensemble des points de même distance cayleyenne $\widehat{\lambda\lambda'}$). Il est trivial que G_s est transitif pour W, mais non pour V', dont les classes d'intransitivité sont les classes $m^\star$.

La preuve que V'/R_2 *est un espace homogène* utilise :

a. Une définition cayleyenne de l'inversion dans II et II' à l'aide d'un pôle arbitraire O : à tout M on associe M' tel que, Δ_0 et Δ_M étant des quasi-droites $\perp$ à la quasi-droite $\dot{O}\dot{M}$, se coupant sous l'angle V, $\dot{M}' = \dot{O}\dot{M} \cap \Delta_{M'}$, où $\Delta_{M'}$ est la quasi-droite $\perp$ à $\dot{O}\dot{M}$ coupant Δ_0 sous l'angle V' défini par $\cot V/2 \cot V'/2 = K$.

b. Le fait que $\bar{\mathfrak{A}}$ désignant une antiinvolution telle que $\bar{\mathfrak{A}}_0 . \bar{\mathfrak{A}} \neq \bar{\mathfrak{A}} . \bar{\mathfrak{A}}_0$, $\bar{\mathfrak{A}} \times \bar{\mathfrak{A}}$ est homomorphe à une transformation ponctuelle continue de $E^\star$ dont les traces dans deux congruences paratactiques $\mathcal{CP}$, $\mathcal{CP}'$ d'espèces différentes sont deux quasi-inversions de même quasi-puissance, mêmes quasi-pôle et quasi-infini : les cercles I et $\bar{I}$ de $\mathcal{CP} \cap \mathcal{CP}'$ (1). La transformation est dite *quasi-inversion* QI (extension de la définition dans une $\mathcal{CP}$); sa définition est

(*) Séance du 19 novembre 1951.

(1) Utiliser le lemme fondamental, et *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 601.

anallagmatique : $M^* \in E^*$ et $\notin I$ (ou $\bar{I}$) a pour homologue $M'^* \in C'$ (C' étant le cercle $\perp$ à I et $\bar{I}$ qui contient M^*) tel que si O^* est le point $I \cap C'$ on ait $\cot g\, u . \cot g\, u' = K$, où u et u' désignent les écarts paratactiques de M^* et M'^* à O^* modulo S. Tout cercle $\perp$ à I et $\bar{I}$ est invariant; $\bar{I}$ est l'homologue de tout point de I et vice versa. Les cyclides d'anaxes I et $\bar{I}$ s'échangent entre elles, à l'exception d'une qui demeure invariante : la cyclide directrice de la Q.I. Si $K = -1$, la QI est une association.

Les ∞^1 transformations $\overline{\mathcal{A}} \times \overline{\mathcal{A}}$, telles que les cercles directeurs des inversions associées à $\overline{\mathcal{A}}$ forment un faisceau contenant σ, constituent un ensemble d'opérateurs $e \simeq V'/R_2$ et le groupe g engendré par $e \cup e^{-1}$ opère transitivement dans V'/R_2. Le produit de deux éléments de g est homomorphe à une quasi-homothétie Q.H (généralisation de la notion antérieure). Une Q.H. de rapport -1 est une transposition anallagmatique. Par abus de langage, on dira que g est un groupe de QI et de QH ayant toutes même cercle quasi-pôle : l'image du pôle commun à toutes les inversions $\overline{\mathcal{A}}$. Le produit d'un nombre impair (resp. pair) de QI est une QI (resp. une Q.H.).

Théorème. — *L'adjonction au groupe conforme* G *du groupe* g *engendre un groupe* QC *dit quasi-conforme et le sous-groupe* QC′ *obtenu par restriction de* G *au sous-groupe* G′ *des opérations conformes conservant les cercles de l'anneau fondamental de* g *est* $QC' = G' \times g$ à une transposition anallagmatique près.

Dans $\mathcal{E}_1$ une transformation QC conservant S induit un produit de similitudes cayleyennes de la forme :

$$\overline{\mathcal{A}}.\Theta \times \overline{\mathcal{A}}'.\Theta', \quad \text{avec } \overline{\mathcal{A}} \equiv \overline{\mathcal{A}}', \quad (\text{mod. G}), \quad \Theta \in G, \quad \Theta' \in G;$$
$$\mathcal{H}.\Theta \times \mathcal{H}',\Theta', \quad \text{»} \quad \mathcal{H} \equiv \mathcal{H}' \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \text{»} .$$

Si l'on utilise la représentation paramétrique de E^* en coordonnées pentasphériques homogènes, le formalisme précédent prouve que tout élément de QC est une transformation birationnelle de E^* en lui-même.

Le nom de quasi-conforme provient de ce que les angles de certains éléments différentiels privilégiés sont conservés; ainsi, la QI conserve les angles des éléments plans contenant l'une ou l'autre des tangentes aux deux cercles de $\mathcal{CT}$ et $\mathcal{CT}'$ contenant un point $M^* \notin S$.

Applications. — 1° Transformation d'un couple de cercles paratactiques en un autre d'angle de parataxie différent ou d'une cyclide de Dupin en une autre d'angle superficiel différent.

2° Extension du groupe homographique de E par adjonction des transformations sur les axes des cercles de $\mathcal{E}$ induites par les précédentes.

3° *Résolution complète de* $V = 0$ dans une extension transcendante ou algébrique $\mathcal{R}_u$ du corps des rationnels; *a.* solutions de $W = 0$: triviales; *b.* solutions de $V' = 0$: se déduisent de l'une d'elles par des couples d'opérateurs $\mathcal{C}$, $\mathcal{DC}$ où $\mathcal{C}$ et $\mathcal{D}$ sont des fonctions homographiques à coefficients

dans $\mathcal{R}_u$ ($\mathcal{O}$ telle que $\mathcal{O}\overline{\mathcal{C}}_0 = \overline{\mathcal{C}}_0\mathcal{O}$). Une solution $m_0(\lambda_0, \lambda'_0, \mu_0, \mu'_0)$ s'obtient à partir d'un quadruple de solutions de $x^2+y^2+z^2\pm t^2=0$, correspondant à des points coplanaires de S à coordonnées dans $\mathcal{R}_u$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les produits de variables aléatoires.* Note (*) de M. **Daniel Dugué**, présentée par M. Émile Borel.

En appelant fonction caractéristique multiplicative (f. c. m.) relative à une variable aléatoire $x \geq 0$ de loi de probabilité totale $F(x)$ la fonction définie par $P_X(z) = \int_0^{+\infty} x^z \, dF(x)$ et son prolongement analytique partout où il est possible, on voit que $P_X(z)$ est définie au moins pour $R(z)=0$, que

$$P_{KX}(z) = k^z P_X(z) \qquad \text{et} \qquad P_{X^{\frac{1}{\alpha}}}(z) = P_X\left(\frac{z}{\alpha}\right),$$

K et α étant deux nombres réels certains. Les inégalités de Hölder et de Liapounoff résultent de la convexité du logarithme de $P_X(z)$ sur une portion de l'axe réel positif. De plus si X et Y sont indépendants $P_{XY}(z) = P_X(z)P_Y(z)$. Par conséquent pour savoir si X étant donné il est possible de trouver X_1 et X_2 indépendants tels que $X_1 X_2 = X$, il suffit de pouvoir écrire $P_X(z) = P_{X_1}(z)P_{X_2}(z)$, P_{X_1} et P_{X_2} étant deux f. c. m. $\alpha/(z+\alpha)$ est la f. c. m. de la variable comprise entre 0 et 1 et de probabilité élémentaire égale à $\alpha x^{\alpha-1}\,dx\,(\alpha > 0)$, c'est-à-dire l'inverse de la variable de Pareto (utilisée en économie mathématique : loi de distribution des ressources dans une population donnée). Toutes ces remarques jointes à un théorème limite permettent de décomposer très aisément en produit une variable aléatoire dont la f. c. m. est une fonction méromorphe d'ordre inférieur à 2, sans zéro et dont tous les pôles sont sur l'axe réel négatif.

Théorème. — *Une telle variable est un produit (fini ou infini) d'inverses de variables de Pareto.*

C'est le cas de beaucoup de variables fréquemment utilisées en Calcul des Probabilités. Avec les notations L = valeur absolue de la première variable de Laplace, N = valeur absolue de la variable normale de Laplace-Gauss, χ^2_n = somme des carrés de n variables normales indépendantes, on a, à un facteur d'homothétie près,

$$P_L(z) = \Gamma(z+1) \qquad P_N(z) = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\Gamma\left(\frac{z+1}{2}\right) \qquad P_{\chi^2_n}(z) = \frac{1}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}\Gamma\left(z+\frac{n}{2}\right).$$

De même $\Gamma(z+\alpha)/\Gamma(\alpha)$ est la f. c. m. de la variable aléatoire obéissant à la loi connue sous le nom de fonction Γ incomplète (V_{Γ_α}). Le théorème donné

(*) Séance du 26 novembre 1951.

s'applique donc à toutes ces variables. Il s'agit dans ces quatre cas de produits infinis.

Comme

$$\Gamma(z+1)=2^z\frac{1}{\sqrt{\pi}}\Gamma\left(\frac{z+1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{z+2}{2}\right),$$

on en déduit que L est égale au produit d'une N par un χ_2. La décomposition indiquée par le théorème n'est pas la seule possible pour la variable V_{Γ_α}. En effet p_{m_1, m_2} étant la variable du type I de Pearson de loi élémentaire

$$\frac{x^{m_1}(1-x)^{m_2}}{B(m_1+1, m_2+1)}\,[m_1 \text{ et } m_2 \text{ positifs } (0 \leqq x \leqq 1)],$$

$P_{p_{m_1, m_2}}(z)$ est égal à

$$\frac{B(z+m_1+1, m_2+1)}{B(m_1+1, m_2+1)}=\frac{\Gamma(z+m_1+1)\Gamma(m_2+1)}{\Gamma(z+m_1+m_2+2)B(m_1+1, m_2+1)}.$$

Cette fonction ayant dans le cas général des zéros le théorème donné ne peut lui être appliqué. Or

$$\frac{\Gamma(z+m_1+1)}{\Gamma(m_1+1)}=P_{p_{m_1, m_2}}(z)\frac{\Gamma(z+m_1+m_1+2)}{\Gamma(m_2+m_1+2)}.$$

Cette égalité conduit à la suivante $V_{\Gamma_{m_1+1}}=p_{m_1, m_2}V_{\Gamma_{m_1+m_2+2}}$.

On a ici une décomposition dépendant d'une manière continue du paramètre m_2.

ASTRONOMIE. — *Détermination de l'ellipsoïde des vitesses stellaires résiduelles au moyen des mouvements propres des étoiles de magnitude* 7. Note de M. **Jean Delhaye**, présentée par M. André Danjon.

J'ai indiqué dans une Note précédente [1] les résultats obtenus pour les éléments de l'ellipsoïde des vitesses résiduelles des *étoiles de magnitude comprise entre* 6,0 *et* 7,5 en appliquant à leurs mouvements propres la méthode proposée par Schwarzschild. A. Blaauw [2] a proposé une autre méthode permettant de résoudre le même problème, et j'ai appliqué cette méthode au matériel ayant fait l'objet de ma première Note.

Tandis que la méthode de Schwarzschild repose sur l'emploi de dénombrements des angles de position des mouvements propres, celle de Blaauw (appelée aussi *méthode des dispersions*) utilise les dispersions des mouvements propres en longitude et en latitude galactiques, dont on étudie les variations avec la position de la région considérée sur la sphère céleste.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1454; *voir* aussi *Bull. astron.*, **16**, 1951, p. 1.

(2) *Bull. of the Ast. Inst. of the Netherlands*, **8**, n° 315, 1939; *voir* aussi C. H. Hins and A. Blaauw, *Bull. of the Ast. Inst. of the Netherlands*, **10**, n° 391, 1948.

Le matériel ayant fait l'objet de ces déterminations a été décrit dans la Note déjà citée.

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau ci-dessous, les différentes notations utilisées ayant la signification suivante :

L, longitude galactique du vertex (la latitude B du vertex est nulle par hypothèse);

σ_2/σ_1, rapport des deux axes de l'ellipsoïde situés dans le plan galactique;

σ_3/σ_1, rapport de l'axe perpendiculaire au plan galactique à l'axe dirigé vers le vertex;

$em(x)$, erreur médiane de la détermination de x;

P, déterminations effectuées au moyen des étoiles de latitude supérieure à $+40°$ ou inférieure à $-40°$;

G, déterminations effectuées au moyen des étoiles situées dans la zone $-40°$, $+40°$.

	Groupe A.		Groupe F.		Groupe K.	
	P.	G.	P.	G.	P.	G.
L, ...	347°,1	354°,5	327°,3	324°,5	332°,8	321°,7
em(L).........	4,2	4,7	4,8	3,5	5,2	3,2
$\frac{\sigma_2}{\sigma_1}$............	0,588	0,759	0,658	0,543	0,653	0,614
$em\left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1}\right)$.......	0,050	0,035	0,049	0,045	0,053	0,036
$\frac{\sigma_3}{\sigma_1}$............	0,727	0,634	0,836	0,662	0,899	0,601
$em\left(\frac{\sigma_3}{\sigma_1}\right)$.......	0,554	0,026	0,125	0,036	0,133	0,027

Les résultats obtenus par les deux méthodes sont en bon accord pour le groupe A, si bien que l'on peut adopter pour l'ellipsoïde des vitesses *définitif* des étoiles A de magnitude 7, les éléments suivants :

$$L = 351°,2 \pm 2°,3, \quad \text{(erreur médiane)}, \quad \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 0,633 \pm 0,023, \quad \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = 0,610 \pm 0,020.$$

Pour les groupes F et K on constate par contre des écarts qui ne semblent pas accidentels. Si l'on désigne par I les résultats obtenus par la méthode de Schwarzschild et par II les résultats obtenus par la méthode des dispersions, en prenant dans chaque cas la moyenne des déterminations P et G, on a :

	I.	II.	I-II.	
F........	341°,1 ± 2°,8	325°,9 ± 3°,0	+ 15°,2 ± 4°,1	(erreur médiane)
K........	335°,7 ± 2°,6	327°,3 ± 3°,1	+ 8°,4 ± 4°,0	

On voit que ces écarts sont égaux respectivement à 2,5 et 1,4 fois leur écart-type, c'est-à-dire qu'on peut considérer comme réel l'écart I-II pour le groupe F. Pour le groupe K, l'écart est grand mais il ne permet pas de tirer

une conclusion analogue. Il faut noter en outre que pour les deux types F et K la direction trouvée pour le vertex par la méthode des dispersions coïncide bien avec celle du centre galactique.

Il semble que ces écarts soient à attribuer à une propriété *naturelle* de la distribution des vitesses elle-même. La méthode de Schwarzschild donne le même *poids* à toutes les étoiles : les petites vitesses, étant plus nombreuses, y prennent une plus grande part. Dans la méthode des dispersions c'est le contraire qui se produit : les grandes vitesses prennent une plus grande part. On peut donc se demander si ce ne sont pas les petites vitesses qui seraient responsables de la *déviation du vertex,* les vitesses plus grandes ayant un vertex normal. Dans ce cas, les écarts constatés ici trouveraient une explication naturelle. Je reviendrai sur ce point dans une prochaine Note.

On voit en tout cas l'intérêt que présente l'emploi simultané de ces deux méthodes dans l'étude de la distribution des vitesses particulières des étoiles au moyen des mouvements propres.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la structure et la classification des étoiles de types* R *et* N. Note (*) de M. **Roger Bouigue**, présentée par M. André Danjon.

Une classification générale des étoiles de types R et N peut être obtenue à partir des deux critères suivants : largeur équivalente des raies D du sodium et température de vibration des molécules du cyanogène (système rouge) et du carbone (système de Swan). Ces deux critères permettent, en outre, de se faire une idée des conditions physiques qui règnent au sein de l'atmosphère de ces étoiles.

De nouvelles déterminations théoriques ([1]) et expérimentales des probabilités de transition vibrationnelle de la molécule CN, nous ont permis, à partir de nombreux clichés pris à l'Observatoire de Haute-Provence, d'obtenir des températures de vibration pour un grand nombre d'étoiles rouges carbonées.

Nous avons utilisé à cet effet les séquences + 4 et + 5 du système rouge du cyanogène et la séquence — 2 du système de Swan du carbone.

Si l'on compare les valeurs obtenues aux intensités totales des raies D, on constate que ces deux quantités sont nettement liées. En admettant en première approximation une relation logarithmique entre la classe spectrale et la largeur équivalente des raies D, on obtient avec l'ensemble des clichés une relation moyenne *température-classe spectrale* qui permet à son tour de connaître la classe à partir de T. Alors, pour chaque cliché, l'intensité du sodium et la température de vibration conduisent chacun à une classe spectrale; ces deux classes diffèrent rarement de plus d'une

(*) Séance du 26 novembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2401.

unité et c'est leur moyenne que nous avons portée, pour chaque cliché, sur les graphiques ci-dessous (*fig.* 1 et 2).

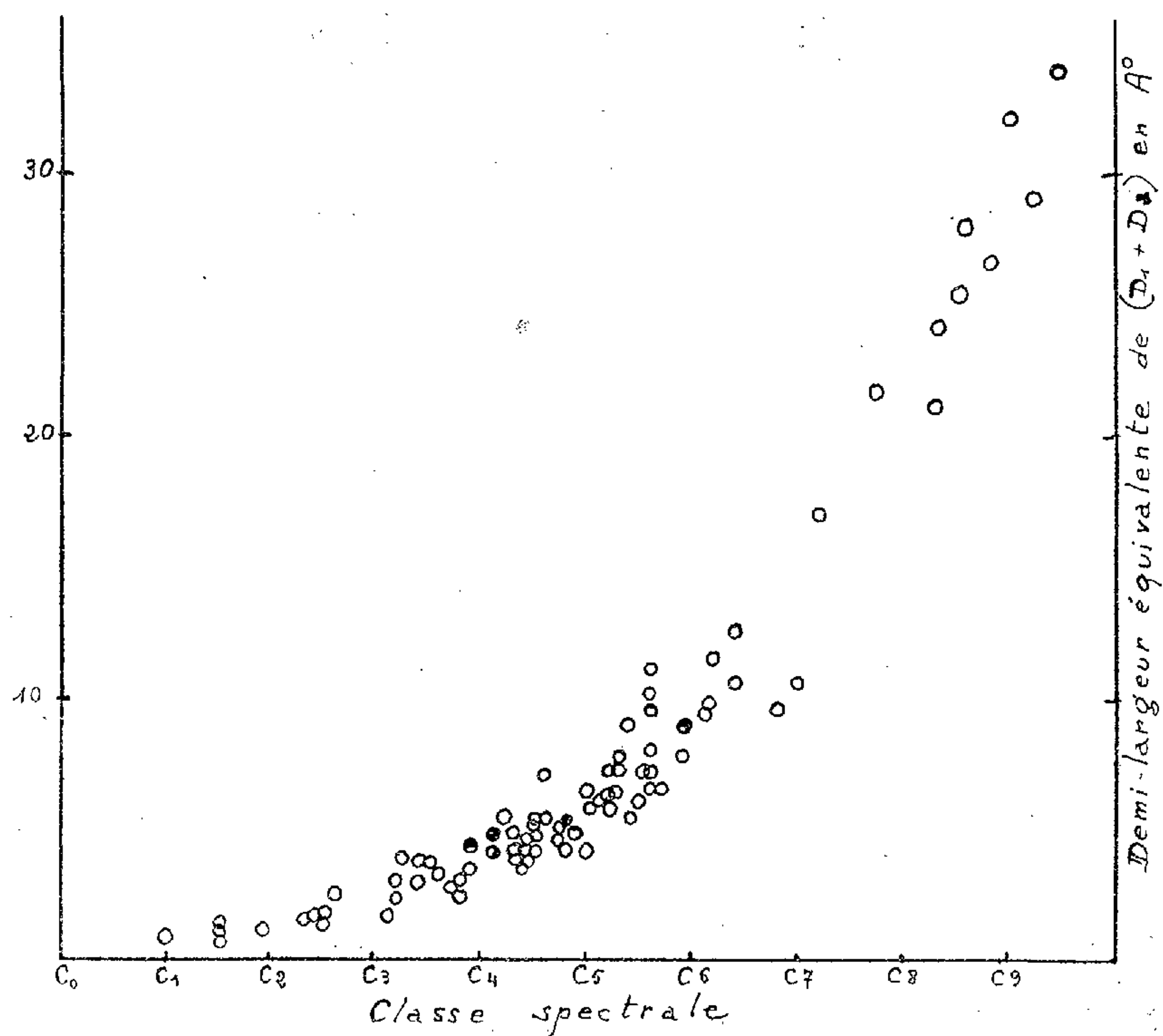


Fig. 1.

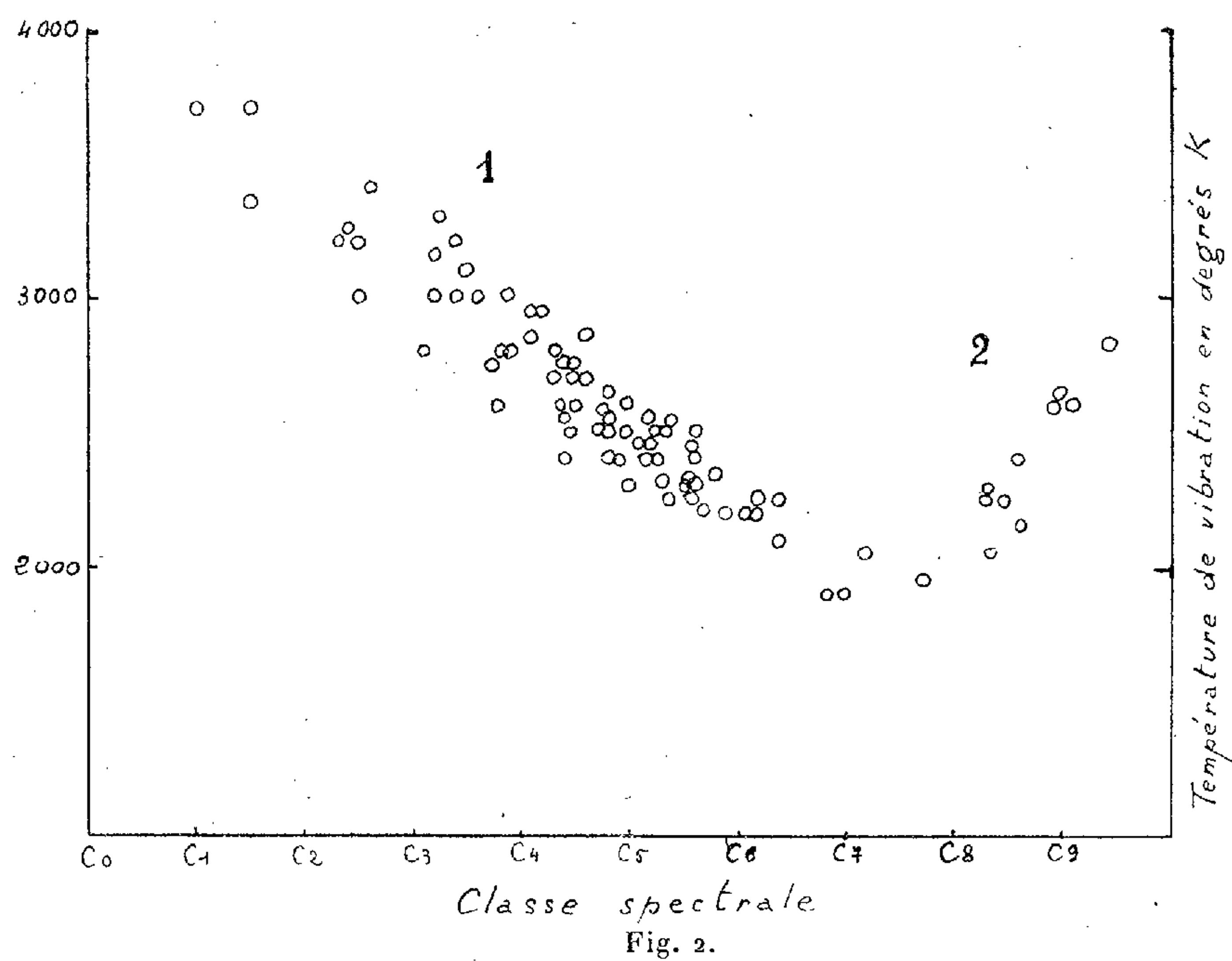


Fig. 2.

On retrouve ainsi, dans l'ensemble, la classification commencée par W. W. Morgan [2].

Des considérations théoriques que nous ne pouvons développer ici permettent d'expliquer la croissance des raies D, sans que des variations d'abondances interviennent.

Dans la branche 1, les variations des différents paramètres (pression gazeuse, pression électronique, gravité, etc.) diffèrent peu de celles qu'indique H. N. Russell [3] : à masse égale, ces étoiles seraient un peu moins volumineuses que les géantes rouges décrites par cet auteur.

Dans la branche 2 se trouvent les étoiles, à lithium que nous avons observées, soit : W Z Cas., W X Cyg., U Cyg., R S Cyg., Il y en a peu mais leurs propriétés sont caractéristiques : vers le minimum, ces étoiles se trouvent vers le haut de la branche 2 (forte température, plus fort sodium, plus fortes pressions gazeuses), tandis qu'au moment du maximum de luminosité elles se situent vers le minimum de température (sodium beaucoup plus faible et pressions très réduites). Tout se passe comme si une pulsation radiale existait réellement, l'émission de l'hydrogène et la plus grande luminosité ayant lieu au moment de la plus grande expansion de l'atmosphère.

Les valeurs des paramètres que nous trouvons vers ce minimum de température sont certainement très voisines des conditions d'instabilité de ces étoiles dans une pulsation radiale. Il serait donc souhaitable que ces astres soient étudiés au cours de leur variation. D'après les documents que nous possédons, il semble que, avec le changement de phase, les points figuratifs se déplacent sur les graphiques ci-dessus, non pas sur des petits segments de la courbe moyenne, mais sur des courbes fermées. Il y aurait donc lieu de distinguer nettement, dans cette étude, les courbes d'*évolution* des courbes de *pulsation*.

ASTROPHYSIQUE. — *Recherche d'une influence possible de la Lune sur les précipitations atmosphériques*. Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Charles Maurain.

1. J'ai cherché s'il existait une corrélation entre le jour J de la Lune et les précipitations atmosphériques.

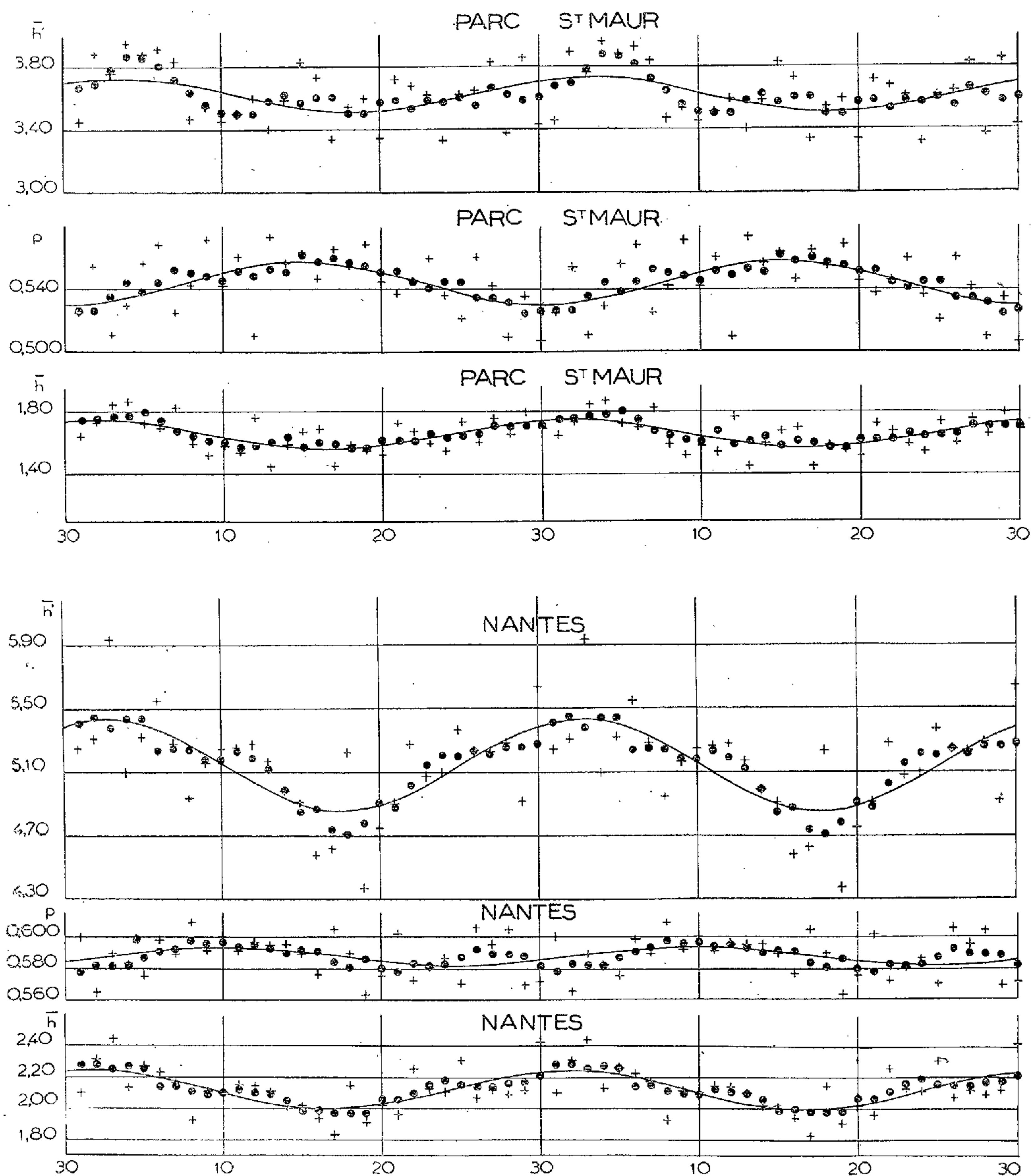
J'ai utilisé pour cela les hauteurs de pluie journalières observées dans quatre stations : Clermont-Ferrand, Parc Saint-Maur, Nantes, Alger, pendant environ 75 ans, c'est-à-dire près de 800 lunaisons.

2. Les graphiques ci-joints représentent deux des résultats les plus typiques

(2) P. C. Keenan et W. W. Morgan, *Astrophysical. J.*, 94, 1941, p. 501.

(3) *Astrophysical J.*, 79, 1934, p. 317.

que j'ai pu obtenir. L'abscisse est J, $\overline{h}$ désigne la hauteur moyenne de pluie journalière, p la probabilité d'un jour sec, $\overline{h'}$ la hauteur moyenne de pluie journalière après exclusion des jours secs. Les croix représentent les quantités



observées, les points les quantités lissées par fonctions linéaires au moyen de cinq valeurs, les courbes donnent la représentation trigonométrique qui a été jugée la plus adéquate.

3. Il me paraît résulter de cette étude quelques résultats certains :

a. Clermont-Ferrand ne révèle pas d'influence lunaire sur la pluie.

b. Au Parc Saint-Maur et à Nantes $\overline{h}$ et $\overline{h'}$ sont maxima le 3e jour de la Lune et minima le 18e.

c. En Alger, au contraire, $\overline{h}$ et $\overline{h'}$ sont minima vers le 4e et le 24e jour de la Lune et maxima vers le 15e et le 29e.

4. J'ai songé à un effet de la marée, mais, d'une part, les périodes obtenues au Parc Saint-Maur et à Nantes sont doubles de celles de la marée, d'autre part, l'étude de la corrélation entre le coefficient de la marée et $\overline{h}$, p et $\overline{h'}$ révèle que ces dernières quantités sont indépendantes de la première.

5. Les variations de p sont moins nettes, bien qu'au Parc Saint-Maur la chance d'un jour sec soit un peu plus grande à la pleine Lune.

6. L'examen, par la méthode de M. et Mme Labrouste, du procédé d'étude utilisé a révélé l'extrême sélectivité de celui-ci. Il ne détecte que les périodes quotients entiers de la lunaison, mais ne peut créer un harmonique si ce dernier n'existe pas.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — « *Opérateurs d'observation* » *et théorie de l'information*. Note (*) de M. **Robert Vallée**, présentée par M. Louis de Broglie.

On établit l'expression de la quantité d'information maximum à laquelle peut conduire l'emploi de certains « opérateurs d'observation ». Cette relation admet divers cas particuliers, parmi lesquels, l'expression du débit maximum de quantité d'information compatible avec une voie de transmission donnée, telle que l'a fournie Shannon.

Dans une Note précécente (1) nous avons souligné l'intérêt de certains « opérateurs d'observation » linéaires. Les premiers, ou opérateurs de « filtrage », multiplient la transformée de Fourier à quatre variables $\varphi(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ de la fonction $f(x, y, z, t)$, décrivant (2) le phénomène à observer, par une fonction $Z(\lambda, \mu, \nu, \omega)$. Les seconds, ou opérateurs de « limitation de champ », multiplient la fonction sur laquelle ils agissent par une fonction $A(x, y, z, t)$.

Nous allons schématiser un grand nombre de processus d'observation par l'application successive à la fonction $f(x, y, z, t)$, décrivant le phénomène, d'un opérateur $Z(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ et d'un opérateur $A(x, y, z, t)$, ces deux opérations étant suives de l'addition d'une fonction $b(x, y, z, t)$. Il y aura donc dans ce schéma : « filtrage », « limitation de champ » et finalement addition d'une « fonction de bruit » (suite d'opérations interprétable dans un espace de Hilbert). Nous supposons $Z(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ et $A(x, y, z, t)$ nulles hors de

(*) Séance du 12 novembre 1951.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1350.

(2) C'est un ensemble de fonctions qui est nécessaire, mais le cas d'une seule fonction est suffisamment représentatif et d'ailleurs facile à généraliser.

domaines [3] d'extensions respectives Δ_1 et D. Nous supposons enfin $f(x, y, z, t)$ et $b(x, y, z, t)$ aléatoires stationnaires [4] par rapport aux quatre variables, les valeurs moyennes quadratiques étant F et B.

Dans ces conditions il est possible d'établir que la quantité d'information maximum, concernant le phénomène observé, à laquelle le processus d'observation envisagé peut conduire est [5]

$$(1) \qquad I = 4\pi n \Delta D \operatorname{Log}_2 \frac{F}{B},$$

n étant le nombre des variables (x, y, z, t) intervenant effectivement et Δ l'extension de l'hyperparallélépipède minimum circonscrit au domaine Δ_1.

L'opération de transmission de signaux le long d'une ligne, qui peut d'ailleurs intervenir comme élément intermédiaire dans un processus d'observation, est un cas particulier pour lequel on a, en accord avec Shannon,

$$(1') \qquad I = 4\pi \Omega T \operatorname{Log}_2 \frac{F}{B},$$

Ω étant la bande passante de la ligne et T la durée de transmission. L'opération d'enregistrement d'une scène immobile, à deux dimensions d'espace, sur une surface plane (photographie, par exemple) est encore un cas particulier pour lequel

$$(2'') \qquad T = 8\pi \Sigma S \operatorname{Log}_2 \frac{F}{B},$$

Σ étant l'aire du parallélogramme minimum circonscrit au domaine de « fréquences spatiales » non éliminées par l'appareil [6] et S l'aire du champ. L'enregistrement cinématographique fournit encore un exemple concret, auquel s'applique la formule générale.

Notons que, du point de vue informationnel, l'effet d'un opérateur $Z(\lambda, \mu, \nu, \omega)$, agissant à l'intérieur d'un domaine d'extension Δ, équivaut à celui d'un opérateur $A(x, y, z, t)$, où A est nulle partout sauf aux nœuds d'un réseau quadridimensionnel dont chaque cellule élémentaire est d'extension $4\pi n/\Delta$. Autrement dit, du point de vue informationnel, l'application de l'opérateur A après

---

(3) Non nécessairement connexes, il peut même s'agir d'ensembles de points très généraux.

(4) Hypothèse moins restrictive qu'il peut paraître.

(5) Ceci précise des idées suggérées par M. D. MAC-KAY, *Phil. Mag.*, 1950, p. 297.

(6) C'est, suivant les cas, l'étendue des taches de diffraction ou celle des grains de la plaque, qui sont l'origine de cette élimination. A rapprocher de : PERROT et BLANC-LAPIERRE, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 539. L'introduction de B peut être due à un défaut d'homogénéité de la substance dont est formée l'objectif, dans le cas de l'enregistrement photographique.

celle de l'opérateur Σ est, dans le cas particulier où nous nous plaçons actuellement, sans aucun effet. On peut énoncer une proposition duale de cette dernière.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le caractère ouvert de la mécanique ondulatoire*. Note de Mme **Paulette Destouches-Février**, présentée par M. Louis de Broglie.

Une mécanique ondulatoire (théorie essentiellement indéterministe) est une théorie ouverte en ce sens qu'on peut toujours supposer qu'elle laisse échapper des « grandeurs ignorées », dont on peut tenir compte dans une théorie plus complète qui aura nécessairement même structure. Une théorie déterministe est fermée. On examine les propriétés générales d'une théorie déterministe en liaison avec une mécanique ondulatoire.

1. Une théorie Th_1 sera dite *plus complète* qu'une théorie Th_0 s'il existe une grandeur A de Th_1 ignorée par Th_0, la théorie Th_1 fournissant les mêmes prévisions que Th_0 dans le domaine d'adéquation [1] de Th_0 à partir des mêmes résultats de mesures initiales. Cela signifie qu'il existe dans Th_1 un opérateur $\mathbf{A}$ ayant les propriétés des opérateurs associés aux grandeurs physiques, et qu'il n'est pas possible de définir dans Th_0 un opérateur $\mathbf{A}_0$ ayant les mêmes propriétés que $\mathbf{A}$.

Un premier cas I de théorie Th_1 plus complète que Th_0 est celui où il y a au moins une grandeur B complète [2] en Th_0 qui ne l'est pas en Th_1. L'autre cas II est celui où toute grandeur complète de Th_0 est encore une grandeur complète de Th_1, mais il y a au moins une grandeur A de Th_1 ignorée par Th_0. Ce cas II est à diviser en deux sous-cas : *a*. il existe des grandeurs figurant dans Th_0, soit D, composables dans Th_1 avec A; *b*. A n'est composable avec aucune grandeur de Th_0. Notons que l'existence de grandeurs ayant de telles propriétés n'est pas incompatible avec le cas I et qu'il peut exister à la fois des grandeurs telles que B et des grandeurs telles que A.

2. Une théorie Th_1 ne peut remplacer une théorie Th_0 (en particulier la mécanique ondulatoire) que si elle fournit les mêmes prévisions (ou des prévisions très voisines) de celles de Th_0 dans son domaine d'adéquation. Il en résulte que *si deux grandeurs A, B sont non simultanément mesurables en droit dans* Th_0, *elles le sont encore dans toute théorie plus complète* Th. Ces considérations appliquées à *une mécanique ondulatoire* montrent qu'elle *constitue une théorie ouverte en ce sens qu'on peut la remplacer, avec mêmes prévisions, par une théorie*

---

(1) P. Destouches-Février, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 587. *La structure des théories physiques*, Paris, 1951; Cf. *Sur le caractère ouvert de la Mécanique ondulatoire* [*Journal de Physique* (article déposé le 5 mai 1950)].

(2) J.-L. Destouches, *Journal de Physique*, 7e série, 7, 1936, p. 354. *Principes fondamentaux de physique théorique*, Paris, 1942.

plus complète faisant intervenir des grandeurs ignorées de la mécanique ondulatoire; cette théorie plus complète est, elle aussi, une mécanique ondulatoire, et possède les mêmes propriétés fondamentales que la première : indéterminisme essentiel pour les grandeurs observables et caractère ouvert.

3. Pour que deux systèmes puissent être considérés comme identiques, il est nécessaire qu'on ne puisse pas décomposer en sous-classes une classe de systèmes définis comme identiques. Appelons cette condition : condition de prédicativité de l'identité. Deux systèmes d'une même sous-classe seront appelés systèmes semblables : en fait ce seront des systèmes ayant même hamiltonien et même fonction d'onde initiale (par suite ils auront même fonction d'onde jusqu'à une mesure ultérieure sur l'un deux). En vertu du caractère ouvert, dans aucune théorie ondulatoire (c'est-à-dire dans aucune théorie subjectiviste), on ne peut définir de systèmes identiques, car on ne peut affirmer que des systèmes équivalents (c'est-à-dire de même classe) le demeureront dans une théorie plus complète; il est impossible de donner une définition de deux systèmes identiques qui soit accessible à l'expérience et satisfasse à la condition de prédicativité. On peut seulement définir des systèmes semblables relativement à un formalisme de prévision, l'intervention de grandeurs ignorées permettant toujours de décomposer en sous-classes des systèmes semblables au sens précédent.

4. Pour une théorie déterministe, le formalisme des prévisions peut être réduit à un schéma ponctuel dans un espace (Γ) dit espace de phase : on peut définir dans ce cas une grandeur d'état G dont les résultats de mesures imprécis sont des ensembles de points de l'espace (Γ). La grandeur d'état G évolue indépendamment des valeurs de grandeurs ignorées; G est une grandeur auto-prévisible dans Th. A toute grandeur auto-prévisible A d'une théorie essentiellement indéterministe Th on peut associer une théorie partielle Th_0 telle que Th soit une théorie plus complète que Th_0 et telle que Th_0 soit une théorie déterministe dont la grandeur d'état est cette grandeur auto-prévisible A. Par contre, *en cherchant à compléter une théorie ondulatoire par des grandeurs ignorées on ne peut pas rétablir le déterminisme* (on sait que ceci est également impossible par des paramètres cachés). Pourrait-on cependant, au moyen d'un autre procédé, obtenir une théorie microphysique déterministe? Celle-ci serait alors telle que : 1° il existe un « état » déterminé mais inconnu du système considéré, d'où un espace des états (Γ), avec une transformation ponctuelle $\mathrm{U}(t, t_0)$ réglant son évolution. *Cet état est inaccessible à l'expérience;* 2° lors d'une mesure il n'y a plus transformation ponctuelle des états entre $t_1 - \Delta t$ et $t_1 + \Delta t$, si t_1 est l'époque d'une mesure et $2\Delta t$ sa durée; on dit que l'état est « troublé » par la mesure. Mais il n'est pas troublé d'une façon quelconque; en effet : 1° si, entre $t_1 - \Delta t$ et $t_1 + \Delta t$, on supposait une transformation ponctuelle déterminée mais inconnue, tout reviendrait, soit à rendre analysable un résultat de mesure imprécis, ce qui est en contradiction avec les lois quantiques

et à rejeter, soit à faire une théorie purement métaphysique, c'est-à-dire sans lien avec l'expérience; 2° si la transformation est non ponctuelle, alors l'interaction appareil-système se fait suivant une loi différente de celle de l'interaction des parties du système, cette dernière étant supposée telle que ces parties obéissent à une évolution déterministe, c'est-à-dire à une transformation ponctuelle dans l'espace (Γ). Ou bien le système $(S + \mathfrak{A})$, c'est-à-dire système observé-appareil de mesure, n'obéit pas à des lois ponctuelles d'évolution dans son espace de phase, ou bien la loi de l'interaction de S avec $\mathfrak{A}$ n'est pas la même que celle de l'interaction des parties de S. Ceci est en contradiction avec le fait qu'un appareil est un système physique, ayant des caractères spéciaux dans l'intention de l'observateur, mais obéissant aux mêmes lois que les systèmes observés. Si l'on pose les mêmes lois d'interaction pour les systèmes et les appareils, alors, ou bien on renonce aux transformations ponctuelles, donc au déterminisme, ou bien on revient au cas 1°, qui est en contradiction avec les lois quantiques. Une autre possibilité consiste à renoncer à la notion de système physique S pour ne parler que d'un système-dans-un-appareil $(S + \mathfrak{A})$.

MAGNÉTISME. — *Couplage entre moments magnétiques dans des molécules contenant trois atomes de fer.* Note de MM. **Gabriel Foëx**, **Belling Tsaï** et **Jules Wucher**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Lorsqu'une molécule contient deux atomes ou radicaux magnétiques, il peut se produire, à température suffisamment basse, un couplage antiparallèle des moments; la substance présente alors certains caractères de l'antiferromagnétisme. Par exemple la molécule Fe_2Cl_6, qui existe dans la vapeur de chlorure ferrique entre 600 et 700°K, possède un paramagnétisme indépendant de la température [1]. Dans la porphyrindine, biradical contenant deux spins non compensés par molécule, on observe, vers 120°K, le maximum du coefficient d'aimantation caractéristique de l'antiferromagnétisme [2].

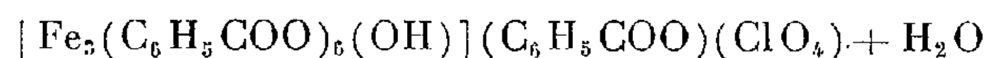
Nous nous sommes proposé de chercher ce qui se produit aux basses températures lorsqu'il existe trois atomes magnétiques dans la même molécule. Nous avons étudié d'abord le cas où les trois atomes sont identiques.

Les mesures ont porté sur un acétate et un benzoate ferriques de formules globales



$$[Fe_3(CH_3COO)_6(OH)_2]NO_3 + 6H_2O$$

et



$$[Fe_3(C_6H_5COO)_6(OH)](C_6H_5COO)(ClO_4) + H_2O$$

préparés par M. Schmitz dans le laboratoire de M. Kirrmann.

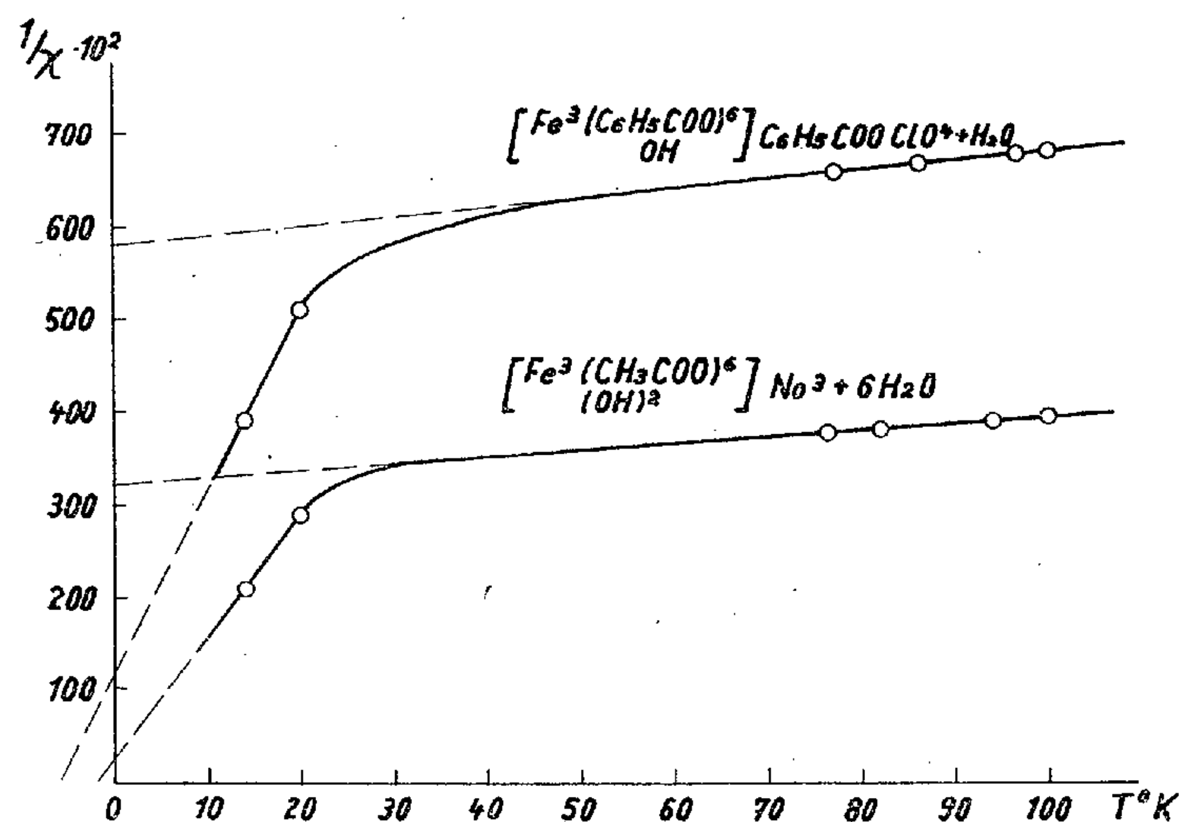
---

(1) A. Lallemand, *Ann. Phys.*, 11e série, 3, 1935, p. 144.

(2) E. Muller, *Ann. Chem.*, 521, 1935, p. 81.

Ces substances avaient déjà été étudiées par Welo entre la température ambiante et celle de la neige carbonique.

Dans cet intervalle leurs coefficients d'aimantation obéissent à la loi de Weiss avec des valeurs négatives élevées de θ montrant que les interactions magnétiques sont très intenses. C'est cette dernière circonstance qui a motivé notre choix.



Les coefficients d'aimantation ont été mesurés entre 293° K et 73° K à Strasbourg, à la balance de translation, dans un champ de 8500 gauss; à 77, 20 et 14° K à l'aide de l'électro-aimant de l'Académie des Sciences, à Bellevue, par la méthode du cylindre, dans des champs de 5000, 10000, 18000 et 24000 gauss. Le coefficient d'aimantation s'est montré indépendant du champ.

Entre 293 et 73° K les deux complexes obéissent à la loi de Weiss; l'acétate avec un moment $\mu_B = 5,19$ magnétons de Bohr par atome et un point de Curie $\theta = -443°$ K; le benzoate avec $\mu_B = 5,51$ et $\theta = -572°$ K.

Entre 20 et 14° K la variation du coefficient d'aimantation est beaucoup plus rapide. Si l'on admet qu'elle obéit toujours à une loi de Weiss on trouve $\mu_B = 1,2$, $\theta = -2°$ K pour l'acétate et $\mu_B = 1,26$ et $\theta = -6,5$ pour le benzoate (*figure*).

Ces résultats s'interprètent facilement si l'on admet que les moments des trois atomes de fer se couplent de façon rigide aux très basses températures. On observe alors la résultante des trois vecteurs moment magnétique. Les actions mutuelles de molécule à molécule étant faibles, le point de Curie se situe au voisinage du zéro absolu.

L'extension des mesures aux températures de l'hélium liquide permettra de voir si l'interprétation précédente, basée sur le couplage des moments, est valable.

ÉLECTRONIQUE. — *Théorie des oscillateurs à résistance-capacité et à résistance-self.* Note de M. **Augustin Blaquière**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous appliquerons la théorie des oscillateurs, exposée dans une Note prédente ([1]) aux oscillateurs à résistance-capacité ou résistance-self :

1. Nouvelle méthode. — *a. Résistance r faible-penthode.* — Soit z l'impédance représentant le réseau vu des bornes plaque et cathode, r la résistance de charge de l'entrée pour le continu du réseau ([2]). Nous supposerons d'abord $|z|$ voisin de r et ces deux quantités petites devant la résistance de la lampe. On a $V_p = -ri_p$, $V_g = \beta V_p$(V_p, i_p, V_g étant les parties variables du potentiel de plaque, du courant de plaque, du potentiel de grille, et β le coefficient de transfert du quadripôle).

Nous y joindrons l'équation de la caractéristique de la lampe, au voisinage du point de repos choisi sous la forme $i_p = sV_g + mV_g^2 + nV_g^3$ (s, pente de la lampe; m, n, coefficients caractéristiques de sa courbure). L'élimination de V_p et i_p nous donne

$$(1 + r\beta s)V_g + r\beta m V_g^2 + r\beta n V_g^3 = 0,$$

nous pouvons dès lors poser

$$(H_1)_{op} = 1 + r\beta s, \qquad (H_3)_{op} = r\beta n.$$

L'équation donnant l'amplitude stabilisée, a, et la pulsation à la stabilisation sera

$$(H_1)_i + \frac{3a^2}{4}(H_3)_i = 1 + r\beta s + \frac{3a^2}{4} r\beta n = 0.$$

la pulsation sera obtenue en écrivant la condition de réalité de : $[(1 + r\beta s)/r\beta n]$ qui donne $\omega = 1/RC\sqrt{6}$ pour l'oscillateur à résistance-capacité, R et C étant la valeur des résistances et capacités constituant le réseau. Pour l'oscillateur à résistance-self, on obtient de même : $\omega = R\sqrt{6}/L$. L'amplitude stabilisée aura alors pour valeur

$$a = 2\sqrt{\frac{1 + r\beta s}{-3r\beta n}}.$$

b. Triode. — Supposons maintenant que r ne soit pas très petit, z prend alors la valeur ([3]) :

$$z = \frac{r\left(6Z_1 + 5\dfrac{Z_1^2}{Z_2} + \dfrac{Z_1^3}{Z_2^2} + Z_2\right)}{6Z_1 + 5\dfrac{Z_1^2}{Z_2} + \dfrac{Z_1^3}{Z_2^2} + Z_2 + r\left(3 + 4\dfrac{Z_1}{Z_2} + \dfrac{Z_1^2}{Z_2^2}\right)}$$

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 345.

([2]) G. R. Gamertsfelder et J. V. Holdam, *Waveforms*, 19, p. 111, *fig.* 4-12 et p. 112, *fig.* 4-13, A et B.

([3]) Se reporter pour les notations à la figure 4-14, p. 112 du même livre.

et admettons pour caractéristique un développement plus complet

$$i_p = a_1 V_p + a_2 V_g + a_{11} V_p^2 + a_{12} V_p V_g + a_{22} V_g^2 + a_{111} V_p^3.$$

avec ρ résistance interne de la triode, on aboutit à l'équation

$$\left(1 + z\beta s + \frac{z}{\rho}\right) V_g + z\beta m V_g^2 + z\beta n V_g^3 = 0,$$

où l'on a posé

$$m = \frac{a_{11}}{\beta^2} + \frac{a_{12}}{\beta} + a_{22}, \qquad n = \frac{a_{111}}{\beta^3} + \frac{a_{112}}{\beta^2} + \frac{a_{122}}{\beta} + a_{222}.$$

Suivant l'étude générale précédente, on posera

$$(H_1)_{op} = 1 + z\beta s + \frac{z}{\rho}, \qquad (H_3)_{op} = z\beta n,$$

l'équation donnant la pulsation et l'amplitude à la stabilisation devient

$$(H)_{op} = (H_1)_{op} + \frac{3a^2}{4}(H_3)_{op} = 1 + z\beta s + \frac{z}{\rho} + \frac{3a^2}{4} n z\beta = 0.$$

Appliquons ces résultats à l'oscillateur à résistance et capacité, on a $Z_1 = -(i/C\omega)$, $Z_2 = R$ et avec les hypothèses simplificatrices $a_{112} = a_{111} = 0$, on trouve

$$\omega = \frac{1}{RC\sqrt{6 + \dfrac{4}{R}\,\dfrac{\rho r\left(1 + \dfrac{3a^2}{4} a_{122}\rho\right)}{\rho + r\left(1 + \dfrac{3a^2}{4} a_{122}\rho\right)}}},$$

où a est la valeur calculable de l'amplitude stabilisée.

L'oscillateur à *résistance et self*, avec $Z_1 = iL\omega$, $Z_2 = R$ mène à la valeur

$$\omega = \frac{R}{L}\sqrt{6 + \frac{4}{R}\,\frac{\rho r\left(1 + \dfrac{3a^2}{4} a_{122}\rho\right)}{\rho + r\left(1 + \dfrac{3a^2}{4} a_{122}\rho\right)}}.$$

2. *Confrontation avec les méthodes classiques.* — Les exemples précédents relèvent aussi des méthodes classiques, qui donnent pour l'oscillateur à résistance-capacité par exemple

$$36 R^2 C^2 \frac{d^2}{dt^2} V_g + RC(29 - sr - 2rmV_g - 3rnV_g^2 - \ldots)\frac{d}{dt} V_g + 6 V_g = 0.$$

On en tire $a = 2\sqrt{-(29 + sr)/-3rn}$ valeur en accord avec le résultat trouvé puisque l'on sait que, au voisinage de l'accrochage on a, pour l'oscillateur étudié $(1/\beta) = -29$.

3. *Stabilisation de la fréquence.* — La théorie précédente montre qu'on

pourra rendre ω indépendant de l'amplitude si l'on choisit une caractéristique pour laquelle on ait $a_{122} = 0$, en particulier si le développement qui la représente ne contient pas de termes pairs, ce que l'on peut réaliser avec un montage push-pull.

OPTIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur les premières images obtenues avec un microscope protonique.* Note de MM. **Paul Chanson** et **Claude Magnan**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les principes sur lesquels repose le microscope protonique et les diverses phases de sa réalisation ont déjà été décrits par les auteurs [1], [2], [3], [4].

Le but de la présente Note est de préciser les dernières caractéristiques de cet appareil et les premiers résultats obtenus.

Système optique. — Les lentilles électroniques de ce microscope sont du type en coupole, dont les premiers constructeurs sont H. Mahl [5] et P. Grivet [6]. Les trois lentilles électrostatiques du montage définitif sont maintenues par un support à emboîtements cylindriques conçu de façon que les axes optiques des trois lentilles coïncident à mieux de 1 μ.

Les diaphragmes centraux de chacune des lentilles ont un défaut d'ellipticité inférieur à 0,1 μ, de façon à réduire l'aberration d'ellipticité [7] à une valeur compatible avec le pouvoir séparateur théorique.

La distance focale de la lentille-objectif est de 6 mm et les distances focales des deux autres lentilles de 7 mm.

Avec deux lentilles montées le grossissement est de 3 000 et avec trois lentilles montées le grossissement est de 25 000.

Source de protons. — La source de protons utilisée est du type à excitation par haute fréquence, dont la mise au point est due aux travaux de J. G. Rutherglen et J. F. I. Cole [8], de Thoneman [9] et de ses collaborateurs, de A. G. Ward [10] et récemment C. D. Moak, H. Reese et W. M. Good [11].

---

(1) Cl. Magnan, P. Chanson et A. Ertaud, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 770.

(2) Cl. Magnan, *L'Optique électronique*, publiée sous la direction de L. de Broglie, *Rev. Optique*, Paris 1946.

(3) P. Chanson *Thèse de Doctorat ès Sciences*, Masson, Paris, 1947.

(4) Cl. Magnan, *Nucléonics*, 1949, p. 52.

(5) *Publication de l'Allgemeine Elektrische Gesellschaft Forschung*, 2, n° 1, 1940, S 11.

(6) *L'Optique électronique*, publié sous la direction de L. de Broglie, Masson, Paris, 1945.

(7) F. Bertein et E. Regenstreif, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 737.

(8) *Nature*, 160, 1947, p. 545.

(9) *Proc. Phys. Soc.* (London), 61, 1948, p. 483.

(10) *Helv. Phys. Acta.*, 23, 1950, p. 27.

(11) *Nucléonics*, 1951, p. 18.

Elle fonctionne avec une fréquence de 80 Mc et une puissance de 50 W. Le faisceau concentré sur l'objet a une intensité de 75 μA.

Il existe une relation assez critique entre la puissance, la fréquence, la pression régnant dans la source et la puissance de la bobine de concentration. C'est pourquoi des commandes isolées permettent d'agir sur ces divers paramètres pendant l'observation.

L'écran d'observation est illuminé par un faisceau de protons de quelques dixièmes de microampère par centimètre carré.

Écran d'observation. — Les écrans de tungstate de calcium et de sulfure de zinc donnent de bons résultats au grossissement 3 000. Nos observations se font le plus souvent avec du sulfure de zinc avec traces de cuivre des établissements Prolabo; malgré une légère rémanence, leur brillance est comparable à celle obtenue avec les électrons sous le même grossissement. Ils perdent progressivement leur sensibilité, mais sont utilisables pendant plusieurs semaines. Au grossissement 25 000 ils sont insuffisamment brillants.

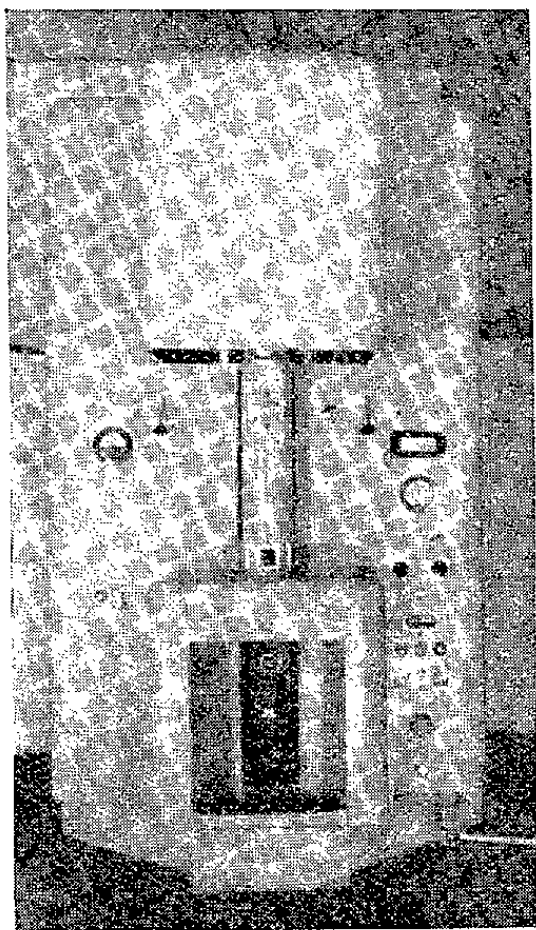


Fig. 1. — Microscope protonique.

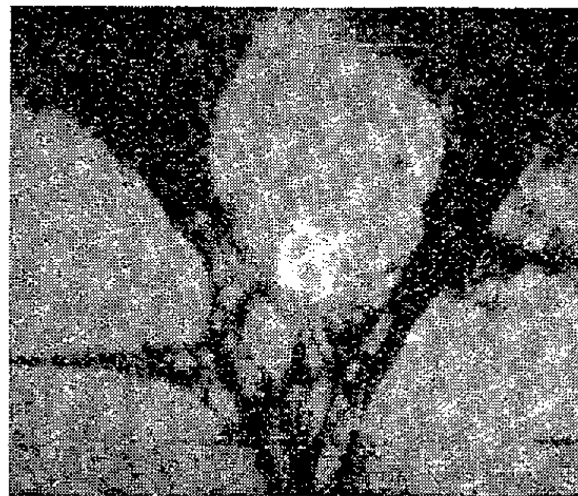


Fig. 2. — Image de filaments de carbone au grossissement 3000.

Plaques photographiques. — Au grossissement 3 000 nous employons les plaques B 10 (émulsion CD 12 B) du « Research Laboratory Kodack G. B ». La photographie produite est faite avec ces plaques. Le temps de pose varie entre 0,1 et 2 s suivant la puissance de la source. Pour le grossissement supérieur, encore en période de mise au point, nous employons les plaques QIII des établissements Ilford.

Premiers résultats. — L'objet examiné est une fine grille formée d'un fil

de 1/10 de millimètre avec des mailles assez irrégulières variant entre 1/20 et 1/10 de millimètre.

Sur ces mailles sont déposés des filaments de carbone obtenus en placant la grille au dessus d'une flamme de benzène pur. La photographie reproduite et obtenue, dans ces conditions, avec un grossissement direct de 3 000 et sans diaphragme objectif, permet d'affirmer que le pouvoir séparateur est au minimum de 300 Å. Les expériences en cours montrent qu'il est meilleur, mais ne permettent pas encore de le chiffrer.

H. Boersch ([12]) avait obtenu avec des ions d'un sel de lithium et une lentille à immersion des photographies de cathodes avec un pouvoir séparateur de 500 Å.

La photographie (*fig.* 2) est à notre connaissance la première photographie obtenue avec des protons.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur un modèle de potentiel permettant l'étude de la lentille à trois électrodes.* Note de M. **Michel Bernard**, présentée par M. Louis de Broglie.

La forme de la fonction $T = \Phi'/\Phi$ dans le cas d'une lentille à trois électrodes permet de la représenter par l'expression simple $T_0 z[1+(z/a)^2]^{-2}$. L'équation des trajectoires peut alors s'intégrer par approximations successives grâce à l'ordre de grandeur usuel des paramètres. On obtient des expressions simples pour les éléments cardinaux et les résultats numériques montrent que la représentation est précise.

1. La courbe représentative de la fonction caractéristique $T = \Phi'/\Phi$ d'une lentille à trois électrodes peut être assimilée à celle d'équation

$$T_a = T_0 z\left[1+\left(\frac{z}{a}\right)^2\right]^{-2}.$$

En transportant ce modèle dans l'équation de Picht, et en posant

$$R = \frac{\rho(\varphi)}{\sin\varphi}; \qquad z = a\,\mathrm{ctg}\,\varphi,$$

on obtient pour ρ l'équation

$$\frac{d^2\rho}{d\varphi^2} + [K^2 - q\cos 4\varphi]\rho = 0, \qquad q = \frac{1}{128}T_0^2 a^4, \qquad K^2 = 1 + q.$$

Dans les lentilles usuelles le paramètre q est beaucoup plus petit que l'unité, il est de l'ordre du dixième. Ceci va nous permettre d'intégrer l'équation des trajectoires par approximations successives.

2. Prenons la solution sous la forme d'un développement limité suivant les puissances de q :

$$\rho = \rho_0 + q\rho_1 + q^2\rho_2 + \ldots;$$

([12]) *Naturwiss.*, 30, 1942, p. 711.

nous sommes conduit aux équations auxiliaires

$$\frac{d^2\rho_0}{d\varphi^2} + K^2\rho_0 = 0, \qquad \frac{d^2\rho_1}{d\varphi^2} + K^2\rho_1 = \rho_0 \cos 4\varphi, \qquad \frac{d^2\rho_2}{d\varphi^2} + K^2\rho_2 = \rho_1 \cos 4\varphi$$

dont les solutions sont faciles à calculer de proche en proche. On aura

$$\rho_0 = A\sin(K\varphi + B) \qquad \rho_1 = -\frac{A}{16}\left[\frac{\sin[(K+4)\varphi + B]}{2+K} + \frac{\sin[(K-4)\varphi + B]}{2-K}\right],$$

$$\rho_2 = \frac{A}{512}\left[\frac{\sin[(K+8)\varphi + B]}{(2+K)(4+K)} + \frac{\sin[(K-8)\varphi + B]}{(2-K)(4-K)} + \frac{32\,\varphi\cos[K\varphi + B]}{K(4-K^2)}\right].$$

Nous pouvons remarquer que ces fonctions ont respectivement, pour borne supérieure

$$|\rho_0| < A, \qquad |\rho_1| < \frac{A}{8}, \qquad |\rho_2| < \frac{A}{30},$$

car K est voisin de 1 et nous ne nous intéressons qu'à l'intervalle $0 < \varphi < \pi$. Il est facile de voir, en calculant les autres termes de la série, qu'ils auront pour borne supérieure des nombres de plus en plus petits.

Nous nous limiterons par raison de simplicité à deux termes en posant

$$\rho = \rho_0 + q\rho_1$$

et en admettant $q \simeq 0,3$, en nous plaçant dans le cas le plus défavorable l'erreur que nous commettons en négligeant ρ_2 est de l'ordre de 0,3 %. Elle est bien inférieure à celle que nous faisons en remplaçant le potentiel par son expression approchée.

3. Nous sommes alors en mesure de calculer les distances focales qui sont ici égales et de signe contraire. On a

$$f_i = -f_0 = -\frac{R(-\infty)}{R'(+\infty)}, \qquad R'(-\infty) = 0.$$

Les résultats précédents conduisent à

$$f_i = -f_0 = -\frac{aK}{\sin K\pi}\left[\frac{1 - \frac{q}{4}}{1 - \frac{5q}{12}}\right].$$

Pour obtenir la position du foyer image, nous ferons un développement limité de la trajectoire au voisinage de l'infini, les constantes d'intégration étant choisies de façon qu'elle soit parallèle à l'axe dans l'espace objet. Nous obtenons

$$z_{F_i} = -z_{F_0} = -aK\cot\mathrm{g}\,K\pi\left[\frac{1 - \frac{q}{4}}{1 - \frac{5q}{12}}\right].$$

Remarquons la relation simple $z_{F_i} = f_i \cos K\pi$ qui prouve bien que l'abscisse du point principal image est négative, donc que les plans principaux sont croisés.

4. Nous avons fait les calculs dans le cas d'une lentille étudiée par Regenstreif (1). L'unité de longueur est la distance de l'électrode centrale à l'une des électrodes extérieures, et les diaphragmes ont pour rayons $R_1 = 0,4$ et $R_2 = 0,2$.

σ est le rapport des potentiels appliqués à la lentille; nous avons fait varier σ entre 1 et $-0,3$ (la valeur limite au delà de laquelle la lentille devient un miroir est $-0,37$). Les valeurs de Regenstreif sont en bon accord avec les nôtres.

σ	0,5.	0,4.	0,3.	0,2.	0,1.	0.	$-0,1$.	$-0,2$.	$-0,3$.
f_{iB}	10	6,62	4,60	3,40	2,52	1,95	1,50	1,12	0,75
f_{iR}	–	6,80	4,75	3,40	2,30	1,80	1,25	0,95	0,75
z_{F_i}	9,95	6,54	4,48	3,26	2,39	1,77	1,29	0,89	0,54

En conclusion nous avons là des formules très simples pour décrire la lentille à trois électrodes; leur mise en œuvre exige l'évaluation des coefficients K et q; nous montrerons dans une publication prochaine qu'on peut résoudre simplement ce problème en partant d'une courbe expérimentale ou théorique représentant le potentiel axial.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Phototripartition du carbone 12 sous l'action de la raie γ de 17,6 MeV du lithium bombardé par les protons.* Note (*) de M. **Raymond Chastel**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Différentes preuves sont données en faveur de l'interprétation des observations de la photodésintégration du carbone 12 comme résultant d'une phototripartition.

Le mécanisme de la réaction ${}^{12}_{6}C(\gamma, 3\alpha)$ admis par différents auteurs (1), (2), (3), (4), comportait le passage dans la majorité des cas, par un nuclide ${}^{8}_{4}Be^*$ excité comme étape intermédiaire, toutefois diverses difficultés subsistaient, en particulier, la vie moyenne du niveau de 3 MeV étant d'environ $0,8\,10^{-21}$ s (5), or les vies moyennes des noyaux composés suivant le modèle de Bohr, sont

(1) *Ann. Radioélect.*, **6**, 1951, p. 51-83.

(*) Séance du 26 novembre 1951.

(1) Hänni, Telegdi et Zunti, *Helv. Phys. Acta*, **21**, 1948, p. 203.

(2) Goward, Telegdi et Wilkins, *Proc. Phys. Soc.*, A **63**, 1950, p. 402.

(3) Chastel, *J. Phys.*, **11**, 1950, 55 S.

(4) Telegdi et Zunti, *Helv. Phys. Acta*, **23**, 1950, p. 745.

(5) Bethe, *Rev. Mod. Phys.*, **9**, 1937, p. 218.

nettement plus grandes, la distinction entre les deux étapes de la réaction semblait douteuse. D'autre part l'angle Φ_{ik} entre les traces i et k des particules α résultant de la désintégration en vol de $^{8}_{4}$Be est lié à l'angle Ψ_{ik} de la direction d'éclatement de $^{8}_{4}$Be par rapport à la direction de recul de ce noyau par la relation

$$\operatorname{tg}\Phi_{ik} = \frac{V^2 \sin 2\Psi_{ik}}{V^2 \cos 2\Psi_{ik} - v^2},$$

V, vitesse commune des particules α de $^{8}_{4}$Be dans le système du centre de gravité de $^{8}_{4}$Be*;

v, vitesse de recul de $^{8}_{4}$Be*.

Cette relation n'étant pas vérifiée pour les valeurs de V et v correspondant aux niveaux précédemment admis pour $^{8}_{4}$Be ([2]), ([4]), nous avons cherché une autre interprétation du phénomène.

La tripartition du carbone 12 en trois fragments de charges et de masses égales doit correspondre à une symétrie du phénomène par analogie à ce qui a lieu dans la tripartition de l'uranium ([6]), ([7]). Nous avons porté sur un diagramme triangulaire les valeurs des trois angles Φ_{ik} pour chaque étoile, les

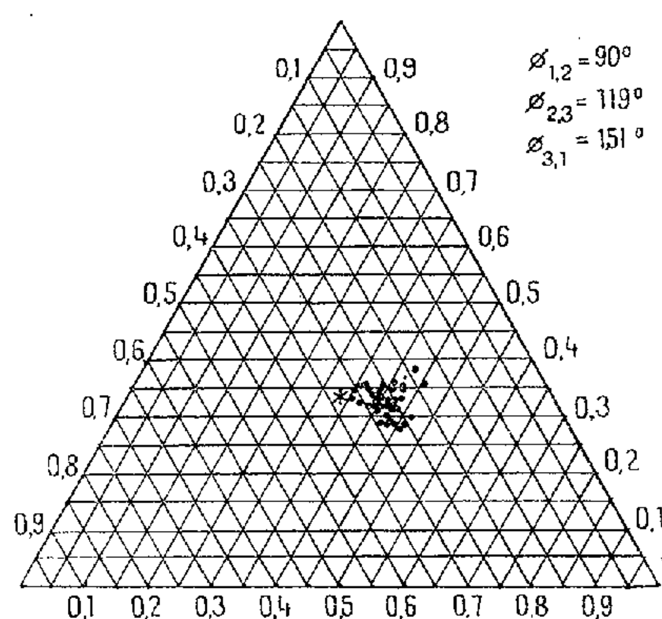


Fig. 1.

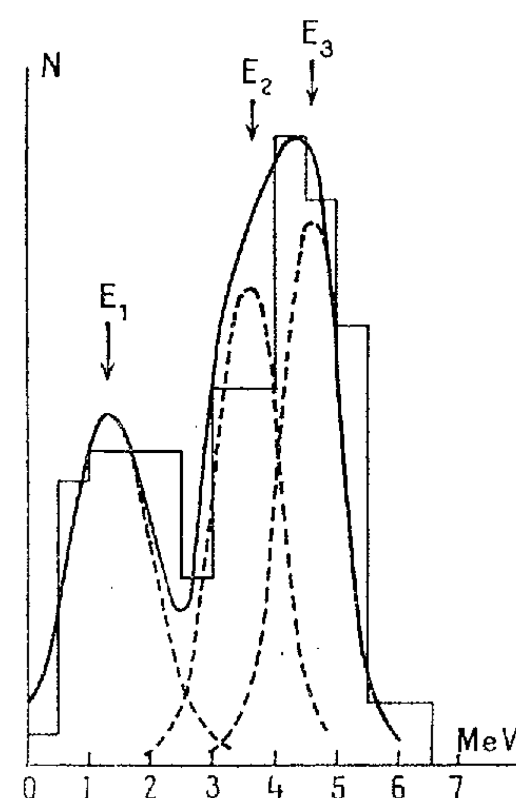


Fig. 2.

points se groupent au voisinage du centre. En portant ces mêmes angles après classement en « petit », « moyen » et « grand », les points s'accumulent dans une zone restreinte du diagramme (*fig.* 1), les étoiles se groupent donc autour d'une étoile la plus probable. Il correspond à cette donnée sur les angles, des énergies de probabilité maximum $E_1 \# 1{,}3$ MeV, $E_2 \# 3{,}6$ MeV, $E_3 \# 4{,}6$ MeV,

([6]) Tsien, Ho, Chastel et Vigneron, *J. Phys.*, 8, 1947, p. 202, § VI B.
([7]) Tsien, *J. Phys.*, 9, 1948, p. 6.

pour les trois particules α d'une même étoile. On peut donc décomposer la statistique globale des énergies des trois particules α de toutes les étoiles mesurées, en trois groupes, la superposition de ces groupes (courbe en trait plein de la figure 2) représente convenablement les résultats expérimentaux. Cette courbe rend compte du déficit observé par Telegdi et Zunti (4) entre 2 et 3 MeV, elle explique également le groupe observé à 4,8 MeV groupe attribué au niveau de 3 MeV de $^{8}_{4}$Be elle explique aussi la dissymétrie de ce groupe (4).

Notre interprétation permet également de lever les difficultées rencontrées pour les distributions angulaires (2) (4).

Nos résultats expérimentaux ne permettent pas d'éliminer un mécanisme en deux étapes s'expliquant par l'intervention de $^{8}_{4}$Be à *l'état fondamental,* dans un pourcentage très faible de phénomènes.

Si notre hypothèse de la phototripartition est confirmée, il semble nécessaire de réexaminer tous les résultats obtenus sur les réactions nucléaires faisant intervenir les nuclides $^{12}_{6}$C et $^{8}_{4}$Be comme noyau composé ou noyau intermédiaire.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Compteurs de Geiger à xénon.*

Note (*) de M. **Gilbert Barrère**, présentée par M. Jean Cabannes.

J'ai réalisé des compteurs de Geiger « selfquenching », stables, à xénon ayant des paliers de 400 V avec une pente de 3 %, égalant ainsi ce que l'on a déjà fait à l'étranger.

On cherchait à mettre au point, en France, depuis plusieurs années, des compteurs de Geiger « selfquenching », stables, utilisant le xénon comme gaz de remplissage. L'intérêt de ce gaz (1) vient du fait que son coefficient d'absorption pour les rayonnements, en particulier X et γ, est bien supérieur à celui de l'argon couramment utilisé. Les paliers des compteurs obtenus avec le xénon jusqu'à ces derniers temps ne dépassaient pas 150 V et présentaient une pente trop forte. J'ai pu obtenir des compteurs à xénon ayant des paliers de 400 V avec une pente de 3 %.

Je me suis tout d'abord attaché à une étude très soigneuse de la coque. J'ai déterminé les dimensions et les positions relatives des électrodes, la fixation du fil, la forme des extrémités, en étudiant la décharge obtenue en appliquant une tension haute fréquence sur le fil, l'électrode externe étant reliée à la terre, pour une pression intérieure d'air telle que cette décharge soit visible. J'ai vérifié les perfectionnements successivement

---

(*) Séance du 26 novembre 1951.

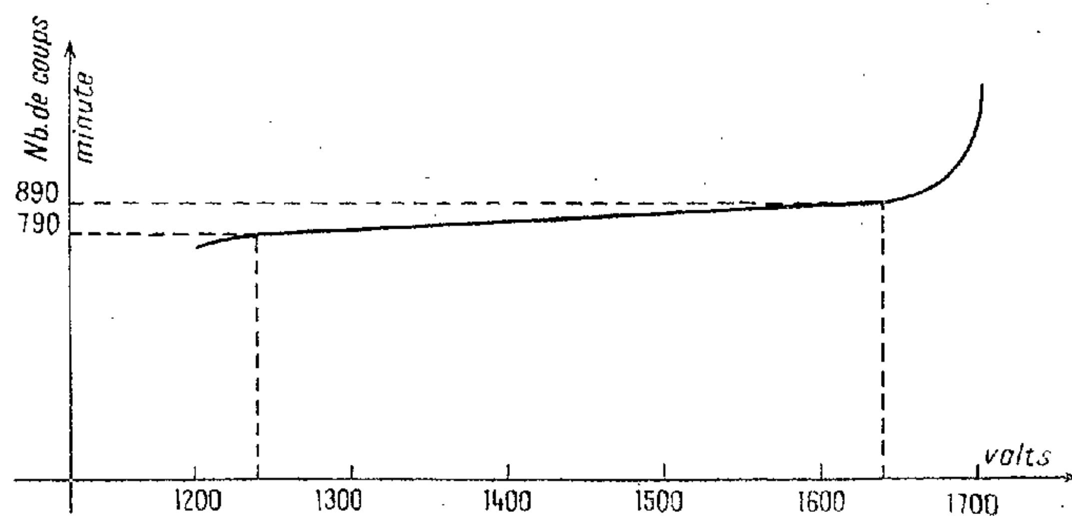
(1) *Voir* G. Barrère, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 107.

apportés en opérant des remplissages avec de l'argon et du méthylal. J'ai ensuite repris le problème du remplissage de ces coques, ainsi mises au point, avec du xénon.

Après avoir essayé sans succès avec le xénon diverses vapeurs polyatomiques, destinées à rendre le compteur autocoupeur, parmi celles ayant un potentiel d'ionisation inférieur à celui du xénon, de façon que le transfert d'électron [2] entre molécule polyatomique et ion gaz rare soit possible, je suis revenu à l'éther qui remplit la condition précédente. J'ai purifié l'éther par traitement chimique, enlevant successivement les peroxydes, l'alcool et l'eau selon la méthode rapportée par Vogel [3]. Je l'ai ensuite distillé plusieurs fois; après ces traitements, j'ai constaté que cette amélioration ne permettait pas d'allonger les paliers au delà de 180 V.

J'ai alors pensé que cet échec ne pouvait être dû qu'à des impuretés contenues dans le xénon et c'est après purification de ce gaz que j'ai obtenu le résultat ci-dessus énoncé. Pensant qu'il s'agissait surtout d'oxygène et d'azote, j'ai opéré de la façon suivante [4] :

Je place entre le ballon de xénon et l'installation de remplissage, une chambre isolée par deux robinets comprenant un piège à air liquide et un ballonnet à anhydride phosphorique.



Observations partant sur 8 mn. — Compteur soumis au rayonnement d'un échantillon d'uranium.

Le piège n'étant pas refroidi, j'introduis dans la chambre et l'installation préalablement vidées, en ouvrant le robinet du ballon, du xénon sous une pression de 12 cm de mercure. Je refroidis le piège avec de l'oxygène liquide. Une partie du gaz se solidifie peu à peu dans le piège et lorsque la pression n'atteint plus que 2 cm de mercure, je pompe le gaz résiduel; je ferme le robinet séparant la chambre de l'installation et je retire l'oxygène

---

(2) *Voir* Korff, *Electron and Nuclear Counters*, D. Van Nostrand Company, Inc., New-York, p. 107.

(3) Arthur I. Vogel, *A Text-Book of Pratical Organic Chemistry*, London, p. 161.

(4) En tenant compte d'indications données par M. J. M. Dunoyer.

liquide, permettant ainsi au xénon de retourner à l'état gazeux dans le volume de la chambre.

Le gaz ainsi purifié est prêt pour le remplissage. Les compteurs obtenus sont du type « Maze » pour cosmiques, mais j'en ai réalisé à fenêtre en bout pour rayons X. Ils ont été remplis avec des pressions de 72 mm de mercure de xénon et 8 mm de mercure de vapeur d'éther.

Le cliché ci-dessus, représente une courbe de palier obtenue avec l'un d'eux; le palier s'étend sur 400 V environ; la pente est de 3 %.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la possibilité d'orienter des noyaux atomiques par une méthode de double résonance radioélectrique*. Note de M. **Alfred Kastler**, présentée par M. Jean Cabannes.

On montre que l'application simultanée d'une résonance magnétique électronique et d'une résonance magnétique nucléaire à une substance paramagnétique à la température de l'hélium liquide permet d'obtenir des alignements nucléaires appréciables.

Divers procédés pour aligner les noyaux atomiques ont été proposés et essayés. Les uns sont basés sur la distribution d'équilibre thermique à basse température, entre des niveaux d'orientation nucléaire d'énergies différentes (1). La formule de Boltzmann montre que ces procédés exigent, à cause de la petitesse des intervalles d'énergie, l'emploi de températures extrêmement basses (10^{-2} à 10^{-3} °K). Un autre procédé basé sur l'action orientante d'une radiation lumineuse (2) ne peut être efficace que si les effets de relaxation sont très faibles, par exemple sur les atomes isolés d'un gaz ou d'un jet.

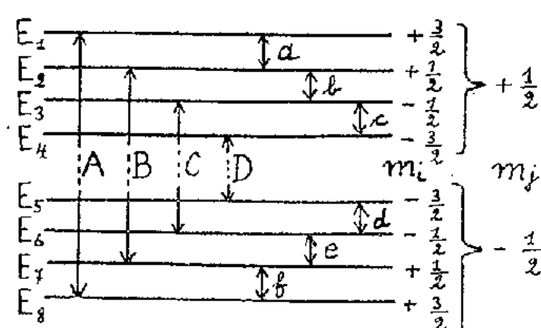
La méthode préconisée ici n'exige que des températures de l'ordre de 1 à 2°K réalisables avec un bain d'hélium liquide. Elle se propose de tirer parti des techniques de résonance radioélectrique. La résonance entre deux niveaux à toujours tendance à égaliser la population de ces niveaux et à saturer le signal radioélectrique. En combinant une résonance magnétique électronique avec une résonance magnétique nucléaire, il est possible de faire intervenir plus de deux niveaux échangeant leurs populations et de concentrer les noyaux dans des orientations préférentielles. Une condition essentielle est de pouvoir pousser les deux résonances à saturation, ce qui exige le choix d'atomes ou d'ions dont les temps de relaxation spin-réseau sont grands (Gd_{+++}, Mn_{++}, Cu_{++}) (3). La

(1) C. J. Gorter, *Physica*, **14**, 1948, p. 504; R. V. Pound, *Phys. Rev.*, **76**, 1949, p. 1410; B. Bleaney, *Proc. Phys. Soc.*, A **64**, 1951, p. 315.

(2) A. Kastler, *J. Phys.*, **11**, 1950, p. 255; F. Bitter et J. Brossel, *M. I. T. tech. report*, **176**, 1950.

(3) C. P. Slichter et E. M. Purcell, *Phys. Rev.*, **76**, 1949, p. 466; T. S. England et E. E. Schneider, *Nature*, **166**, 1950, p. 437; R. J. Benzie, *Proc. Phys. Soc.*, A **64**, 1951, p. 507.

méthode de double résonance est applicable à des atomes ou ions possédant un moment magnétique ($j \neq 0$) et dont les noyaux ont également un moment magnétique ($i \neq 0$). La température est supposée assez basse et le champ magnétique assez élevé pour que le paramagnétisme électronique approche de la saturation et que l'effet Paschen-Back hyperfin (incomplet) soit réalisé. La dilution magnétique des ions et la valeur du champ doivent être telles que la structure hyperfine de la résonance magnétique électronique est résolue et que les diverses transitions de résonance nucléaire restent distinctes. Un exemple fera comprendre le principe du procédé : la figure donne pour le cas j ou



$s = 1/2$ associé à $i = 3/2$ (atome Na ou ion Cu_{++}) la disposition des niveaux Zeeman dans un champ H intense, et les formules donnent les fréquences de résonance entre ces niveaux en fonction de la fréquence normale de Larmor ω, du facteur de Landé g (voisin de 2) et de la constante hyperfine A ([4]).

Résonances électroniques ($\Delta m_j = 1$, $\Delta m_i = 0$).

$$\nu_A = E_1 - E_8 = g\omega + \frac{3}{2}A + \frac{3}{4}\frac{A^2}{g\omega}$$

$$\nu_B = E_2 - E_7 = g\omega + \frac{1}{2}A + \frac{7}{4}\frac{A^2}{g\omega}$$

$$\nu_C = E_3 - E_6 = g\omega - \frac{1}{2}A + \frac{7}{4}\frac{A^2}{g\omega}$$

$$\nu_D = E_4 - E_5 = g\omega - \frac{3}{2}A + \frac{3}{4}\frac{A_2}{g\omega}$$

Résonances nucléaires ($\Delta m_j = 0$, $\Delta m_i = 1$).

$$\nu_a = E_1 - E_2 = \frac{1}{2}A - \frac{3}{4}\frac{A^2}{g\omega}$$

$$\nu_b = E_2 - E_3 = \frac{1}{2}A - \frac{1}{4}\frac{A^2}{g\omega} = E_7 - E_8 = \nu_f$$

$$\nu_c = E_3 - E_4 = \frac{1}{2}A + \frac{1}{4}\frac{A^2}{g\omega} = E_6 - E_7 = \nu_e$$

$$\frac{1}{2}A + \frac{3}{4}\frac{A^2}{g\omega} = E_5 - E_6 = \nu_d$$

Si le facteur de Boltzmann correspondant aux deux niveaux électroniques est égal 1/4 et si nous négligeons la faible orientation nucléaire, il y aura initialement 20 % d'ions dans chacun des niveaux m_i du bas ($m_j = -1/2$) et 5 % d'ions dans chacun des niveaux m_i du haut ($m_j = +1/2$). L'excitation d'une résonance électronique, par exemple de $\nu_D = E_4 - E_5$, aura pour effet d'égaliser à 12,5 % la population de chacun des deux niveaux E_4 et E_5 intéressés, si l'intensité du champ de haute fréquence permet d'atteindre la saturation. Si l'on applique alors le champ alternatif de fréquence plus basse qui

([4]) G. BREIT et I. I. RABI, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 2083.

correspond à la résonance nucléaire $\nu_d = E_5 - E_6$, le signal de réponse de celle-ci sera considérable à cause de l'écart de population (12,5 % pour E_5 et 20 % pour E_6) provoqué par la résonance électronique. Si les deux résonances simultanées sont poussées chacune à saturation, le brassage entre les trois niveaux qu'elles font communiquer égalisera leurs populations au voisinage de 15 %, les populations des niveaux non intéressés par les résonances restant inchangées. Le bilan total de population est alors pour l'ensemble des niveaux $m_i = \pm 1/2$: 45 % et pour l'ensemble des niveaux $m_i = \pm 3/2$: 55 %. L'application simultanée des résonances ν_A et ν_a produira les mêmes pourcentages en sens inverse. Enfin, l'application des résonances ν_B et $\nu_b = \nu_f$ faisant communiquer entre eux les quatre niveaux E_2, E_3, E_7 et E_8 permettra d'atteindre des taux de pourcentage de 57,5 % pour $m_i = \pm 1/2$ et 42,5 % pour $m_i = \pm 3/2$, taux qui seront inversés par les résonances ν_C et $\nu_c = \nu_e$.

Cet exemple montre que les alignements nucléaires par la méthode de double résonance sont suffisants pour l'étude de l'anisotropie des réactions nucléaires. Les mécanismes de résonance et de relaxation vont transférer de l'énergie des sources de radiofréquences au réseau dont la température tend à s'élever. Mais la conductibilité thermique de l'échantillon et la capacité calorifique du bain d'hélium sont probablement suffisantes pour maintenir la température à un état stationnaire peu élevé pendant la durée que nécessite une expérience nucléaire.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Emploi du microdensitomètre pour l'étude de films nucléaires.* Note (*) de Mlle **Marie Ader**, MM. **Jean Debiesse**, **Théo Kahan** et **Louis Rougeot**, présentée par M. Louis Leprince Ringuet.

Les auteurs ont été amenés, au cours de leurs recherches, à mettre au point une technique permettant d'explorer rapidement à l'aide de films photographiques étudiés au microdensitomètre la répartition spatiale des rayonnements nucléaires émis, réfléchis ou diffusés.

Les films sont préparés par étalement de l'émulsion Ilford G5 sur une pellicule souple et transparente, d'une manière aussi uniforme que possible, à une température de 50° C environ. Ces films peuvent épouser sans difficulté la forme de l'appareil décrit au *Journal de Physique* (1), ou celle du dispositif ci-après. La pellicule sensible est appliquée sur le périmètre intérieur d'un demi-anneau (*fig.* 1) susceptible de pivoter suivant son diamètre AB, sur lequel sont axés par exemple la source en S et un diffuseur en O. Par rotation de ce demi-anneau autour de son axe, ou du diffuseur autour d'un axe O

(*) Séance du 26 novembre 1951.

(1) Mlle M. Ader, MM. J. Amoignon, J. Debiesse, T. Kahan et J. Le Run, *J. Phys. Rad.*, 12, 7e série, 1951, p. 762-763.

perpendiculaire à AB, on étend l'exploration à 4π stéradians dans toutes les conditions possibles.

Une pose suffisante permet d'enregistrer la diffusion corpusculaire sur le film. Celui-ci est développé suivant la technique utilisée au laboratoire du professeur Rotblat, est contrôlé au microscope, puis étudié au microdensitomètre Vassy, afin d'obtenir rapidement et commodément la répartition statistique du rayonnement. L'étude de l'émission spatiale d'une source peut se faire dans les mêmes conditions en remplaçant le diffuseur par la source voulue dans l'un ou l'autre appareil.

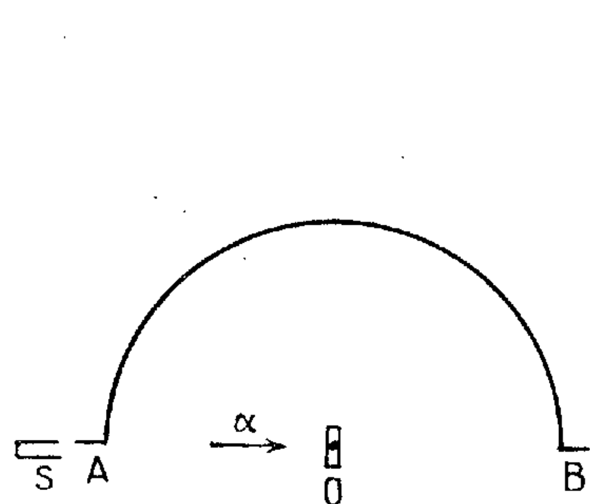


Fig. 1.

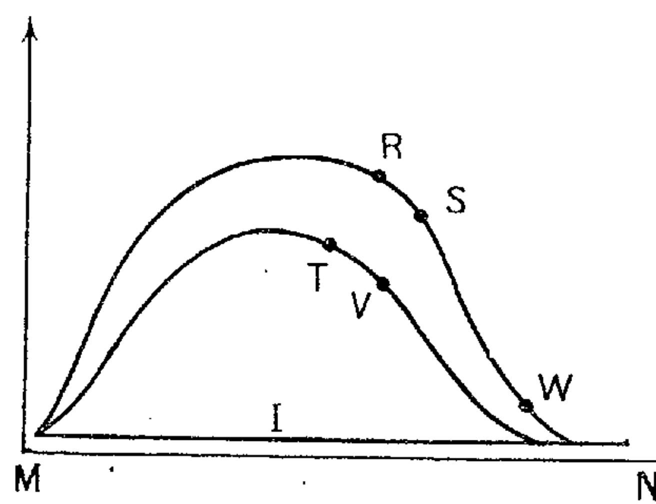


Fig. 2.

Les courbes de la figure 2 représentent une portion de la répartition statistique des particules α du Po émises par une source plate MN. La courbe inférieure I correspond à une pellicule témoin non frappée par les α. La comparaison des courbes enregistrées fait nettement ressortir l'efficacité de la méthode.

Les points R, S, T, V représentent respectivement des concentrations en impacts α par centimètre carré d'émulsion égales à 150.10^6 pour R, 72.10^6 pour S, 45.10^6 pour T, 33.10^6 pour V, 1.10^6 pour W.

Il y a lieu de régler soigneusement le temps de pose en fonction de l'intensité de la source pour utiliser au mieux toute la sensibilité de cette technique qui semble d'un emploi aisé et sûr.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherches de radioactivité au sommet du Puy de Dôme.* Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Jean Cabannes.

On décèle de la neige radioactive, période 10 jours environ.

L'on poursuit systématiquement l'étude de la radioactivité de l'atmosphère, tant en station fixe (sommet du Puy de Dôme, 1465 m), qu'à bord d'un avion (avion-laboratoire d'État).

Des difficultés d'ordre technique ou autres n'ont pas permis de déceler à la station le corps radioactif A d'origine « atomique », période 20 à 30 h. Par contre, on y a décelé le corps radioactif A′, période quelques heures, qui a été retrouvé, avec une intensité accrue, au cours d'un dernier vol, 30 octobre 1951, altitude 2 000 m.

Il convenait de rechercher si les précipitations, qui ont pour effet de laver les basses couches de l'atmosphère, comme il a été déjà signalé, contiennent des traces décelables de corps radioactifs d'origine probable « atomique ». On a opéré de la manière suivante :

On prélève de la neige fraîche que l'on évapore à siccité dans un récipient. On a pris soin d'ajouter au préalable des traces très légères d'hydrates de carbone, pour fixer les résidus et éviter, éventuellement les souillures irrémédiables des appareils de mesure. Ces résidus sont ensuite portés, avec leur récipient, dans une chambre d'ionisation de haute sensibilité, pour y être analysés.

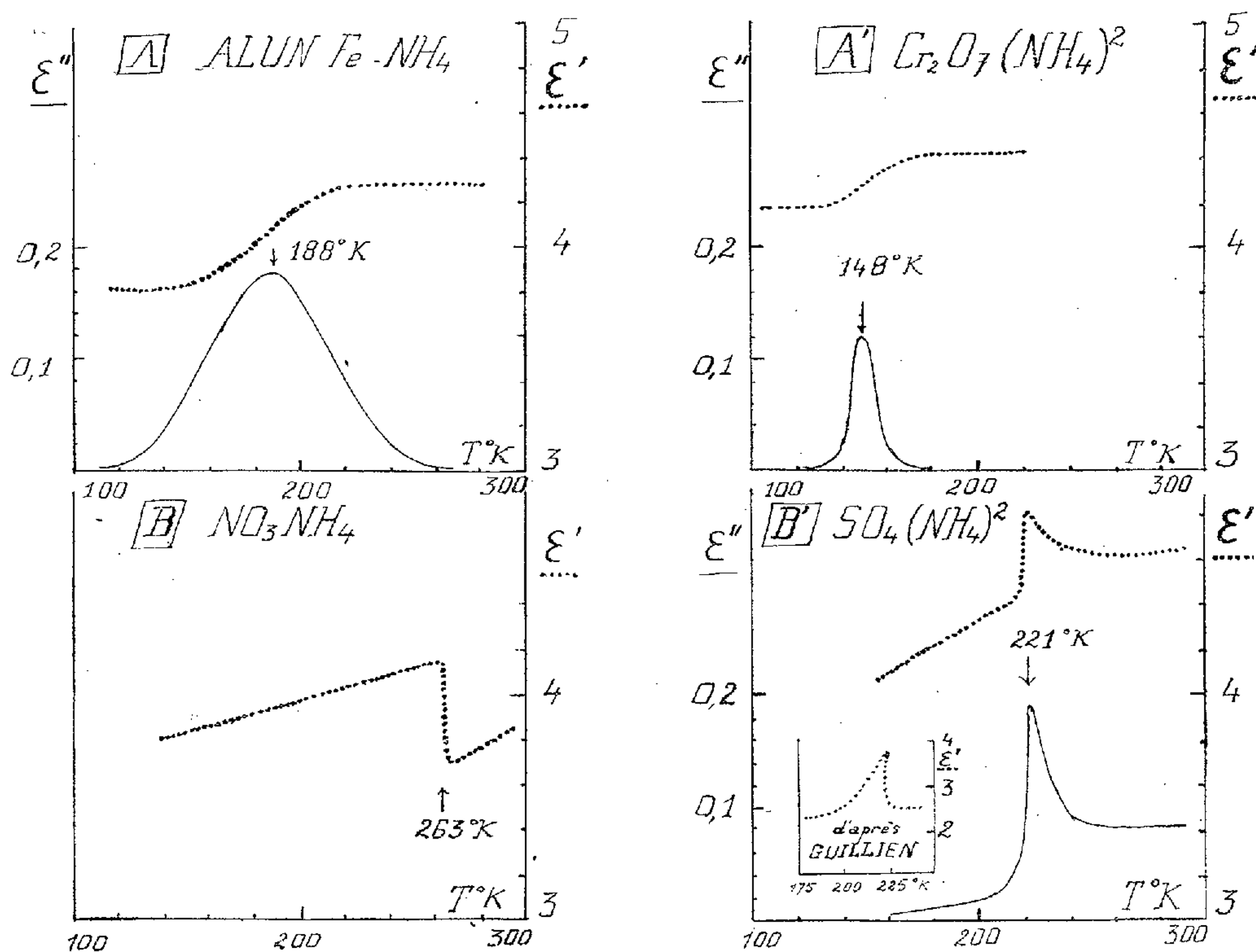
Les premiers essais, effectués sur les premières neiges au sommet du Puy de Dôme, ont été négatifs. L'expérience du 20 novembre 1951 a été positive. Le prélèvement a porté sur 7 kg de neige, tombée dans la nuit du 19 au 20 novembre, pendant quelques heures. Les conditions étaient : situation dépressionnaire caractéristique d'Ouest, température voisine de 0° C, vent d'Ouest 20 m : s, précipitation 10 mm d'eau. On a mis en évidence un nouveau corps, probablement complexe, de période apparente de l'ordre de 10 jours (on le désigne par A″). Le résidu recueilli donne dans l'appareil de mesure une intensité d'ionisation initiale représentant 43 % de l'intensité d'ionisation en vase clos dans l'air aux conditions normales, due à la radiation globale pénétrante (terrestre et cosmique).

Interprétation. — Les diverses techniques utilisées jusqu'ici au sol et à bord d'avion, pour déceler les particules radioactives dans l'atmosphère, consistent à recueillir celles-ci en balayant le plus grand volume d'air possible, généralement plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes. Dans le cas de la neige, il est certain que celle-ci a pris naissance sur les particules radioactives, jouant le rôle de centres de condensation et qu'en plus, au cours de sa chute, elle a ramassé de nombreuses autres particules, balayant ainsi un volume d'air important. Ceci permet de déterminer que l'intensité de radioactivité correspondant, dans l'échelle précédemment utilisée, à l'expérience du 20 novembre, possède un ordre de grandeur compatible avec les résultats antérieurs récents.

Il est important de remarquer que les valeurs récentes, quoique faibles, laissent entrevoir l'existence d'une pollution radioactive considérable, à grande altitude, car on doit tenir compte du lavage de l'atmosphère par les précipitations générales qui règnent depuis longtemps déjà sur de vastes régions, pollution dont la valeur doit probablement dépasser l'intensité maxima mise au jour en 1946, vers 6500 m d'altitude.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les deux types de phénomènes présentés, en fonction de la température, par la constante diélectrique et l'absorption ultrahertzienne de quelques sels d'ammonium.* Note de Mme **Marie Freymann**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les anomalies que nous avions observées, en fonction de la température, à l'aide des spectres infrarouge et Raman (1), les études de Guillien (2) en ondes kilométriques, nous ont incitée à mesurer la constante diélectrique et l'absorption ultrahertzienne de divers sels d'ammonium à l'état de poudre de — 150 à + 30° C, pour la fréquence 9560 MHZ (3, 138 cm) (3).



Deux types de phénomènes peuvent être considérés : A. Les aluns $Al-NH_4$ et $Fe-NH_4$, le bichromate, le chlorostannate (prêté par Mme L. Couture-Mathieu), présentent *un phénomène continu du type Debye :* Au maximum

(1) Mme M. Freymann, R. Freymann et Yeou Ta, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 728; H. Volkringer, M. et R. Freymann, *Comptes rendus*, 207, 1939, p. 1005.

(2) R. Guillien, *Cahiers Phys.*, 11, 1942, p. 17 et 23, 1944, p. 43.

(3) Mme M. Freymann, Mlle M. T. Rolland et R. Freymann, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2312.

de la courbe ε'' — T (traits pleins) correspond une inflexion de la courbe ε' — T (traits pointillés); c'est le cas des figures A et A'.

Comme nous l'avons montré, dans la représentation Log ν_c — T ces courbes constituent le prolongement, dans l'ultrahertzien, des mesures effectuées en basse fréquence; *la position du maximum ν_c varie beaucoup avec la température.*

B. Par contre, le sulfate et le nitrate d'ammonium (secs) montrent un *phénomène discontinu, à la fois pour ε'' — T et pour ε'* — T et ceci pour une température bien définie (point λ). C'est le cas des figures B et B'. Dans la représentation spectrale Log ν_c — T, la position de ce point de transition est sensiblement indépendante de la fréquence (ou encore ν_c *ne varie pas sensiblement avec la température*). *En outre, en ondes centimétriques et en ondes kilométriques, les phénomènes observés pour* $SO_4(NH_4)_2$ *sont différents.* Les courbes de la figure B' montrent qu'une *chute brusque* se produit à partir des basses températures en *ondes kilométriques* (3), alors que c'est une *montée brusque* qui apparaît en *ultrahertzien.* La figure B montre qu'il n'en est pas de même pour le nitrate (sur cette figure, l'absorption n'a pas été indiquée; c'est qu'elle est à peine supérieure aux erreurs d'expérience).

En résumé, nous pensons qu'en vue de la théorie de ces phénomènes (4), il est utile de bien souligner, ce qui n'avait pas été fait, cette distinction en deux types différents; enfin, l'observation du phénomène Debye pour le bichromate (vers 148° K) et le chlorostannate d'ammonium (126° K) tendrait à prouver qu'il s'agit d'un phénomène propre au groupement NH_4 plutôt qu'à celui des molécules d'eau (comme l'étude des aluns peut le laisser supposer).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Points anguleux dans les propriétés des liquides.* Note (*) de MM. **George Antonoff**, **Anton Urmanczy** et **Alexis Yakimac**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Suivant la théorie d'Antonoff (1) le facteur d'association X est le rapport entre la densité d_l d'un liquide et la densité de sa vapeur d_v. Quand X passe par certaines valeurs simples, on observe un point anguleux sur les courbes qui représentent d_l, d_v ou la pression de vapeur P en fonction de la température. Il en est ainsi pour l'acétate d'éthyle quand X est une puissance de deux, par exemple 4, 8, 16, ... ou pour l'hexaméthylène quand X est multiple de trois. Deux méthodes différentes rendent le phénomène apparent.

1. Appelons d la différence ($d = d_l - d_v$). Si nous portons sur un diagramme $d^{1/3}$ en fonction de la température, nous obtenons des segments de droites

(4) H. Frohlich, *Theory of Dielectrics,* Clarendon Press, Oxford.

(*) Séance du 26 novembre 1951.

(1) Jerome Alexander, *Coll. Chem.,* 7, 1950.

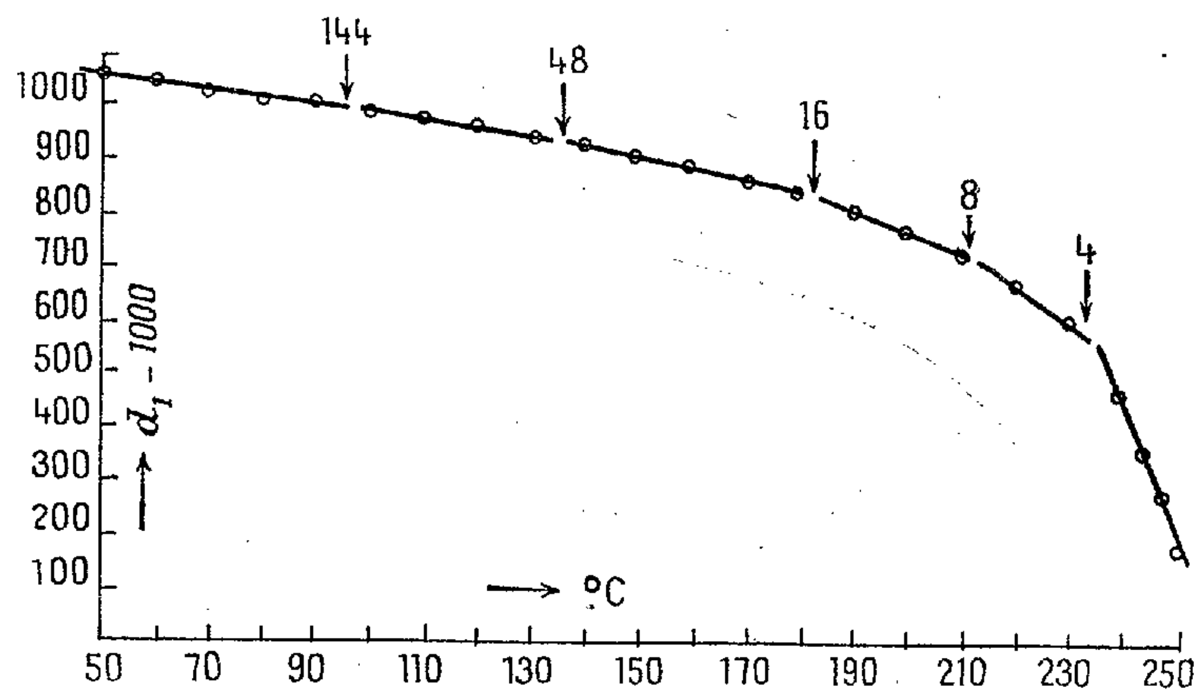


Fig. 1. — *Acétate d'éthyle*, chiffres de Sydney Young.
Toutes les valeurs de $10^2\sqrt[3]{10^4 d} = d_1$ ont été diminuées de 1000. Vue d'ensemble.

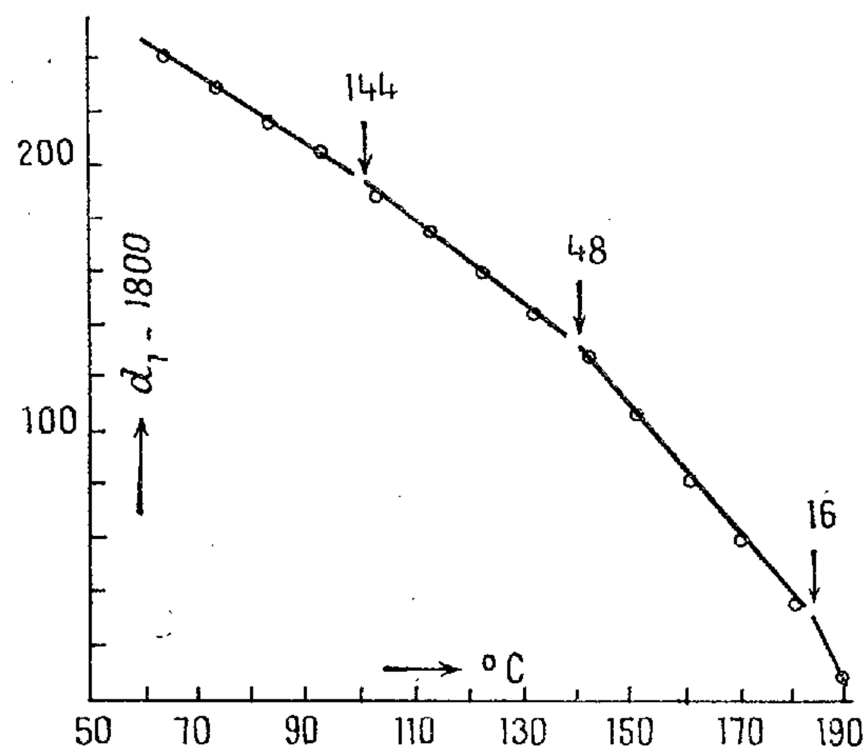


Fig. 2. — *Acétate d'éthyle*. Vue détaillée. Toutes les valeurs de d_1 ont été diminuées de 1800.

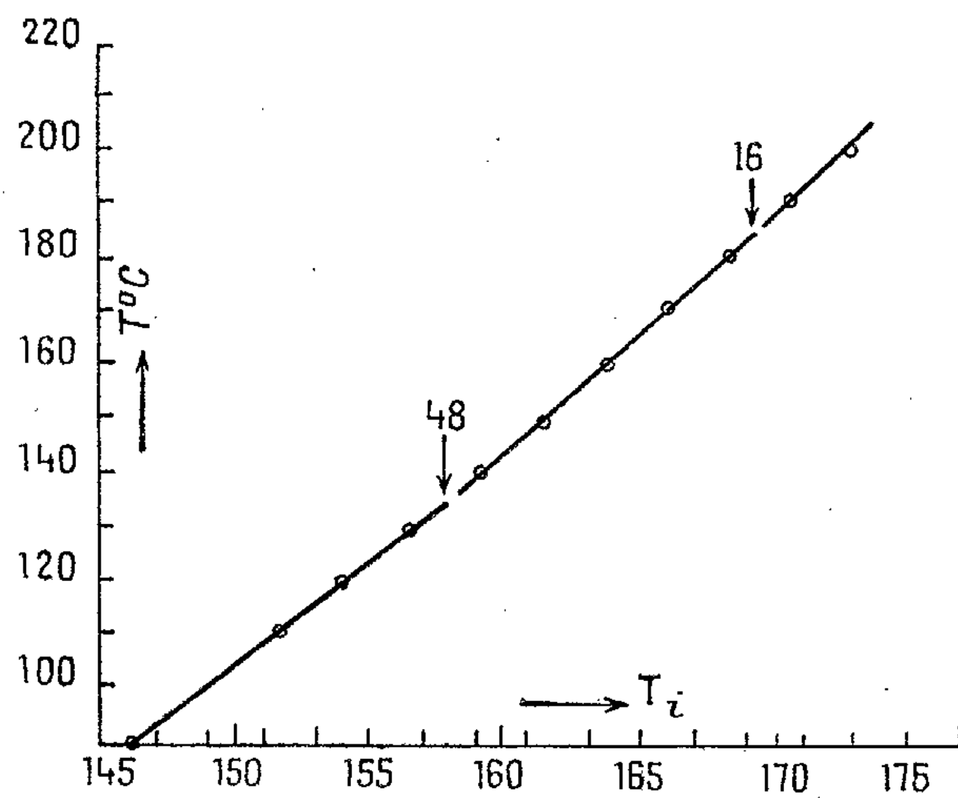


Fig. 3. — *Acétate d'éthyle*. Méthode des températures isobariques.

séparés par des points anguleux (*fig.* 1). Ces points peuvent être fixés avec précision (*fig.* 2).

2. La méthode suggérée par Urmanczy utilise la comparaison du corps étudié avec une substance imaginaire i ayant des propriétés continues très voisines des siennes, notamment pour la tension de vapeur. Si l'on porte sur un diagramme, l'une contre l'autre, les valeurs T et T_i des températures auxquelles le corps étudié et le corps i ont la même tension de vapeur (températures isobariques), on obtient une ligne droite qui change de direction chaque fois qu'un point anguleux est atteint. Les points d'intersection de ces droites coïncident exactement avec les points anguleux donnés par la méthode 1.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'analyse des mélanges d'hydrogène arsénié et d'hydrogène phosphoré.* Note de MM. **Henri Guérin** et **Jack Bastick**, présentée par M. Paul Lebeau.

On peut réaliser l'analyse des mélanges d'hydrogène arsénié et d'hydrogène phosphoré par l'emploi successif de deux réactifs : l'acétate de cadmium pour l'absorption du premier de ces gaz, puis l'acide sélénieux pour celle du second ([1]). Les essais de vaporisation fractionnée n'ont, jusqu'ici, donné aucun résultat pratique; au contraire, la différence existant entre les températures de décomposition par la chaleur de ces deux hydrures peut en permettre la séparation et le dosage. Lebeau, en 1909, l'a utilisée pour caractériser et doser l'hydrogène arsénié et l'hydrogène phosphoré dans les gaz dégagés par l'action de l'air humide sur les ferrosiliciums industriels ([2]). Toutefois, ce savant n'avait pas précisé les conditions exactes de températures à observer. Wilmet ne put réussir à décomposer sélectivement AsH_3 et PH_3 par la chaleur en présence de gel de silice ou de charbon actif.

Ayant constaté que l'*alumine activée* décomposait l'hydrogène arsénié dès la température ordinaire et n'agissait sur l'hydrogène phosphoré qu'à partir de 200°, nous avons essayé d'effectuer la séparation en présence de ce composé.

Nous avons recherché dans quelles limites de températures on pourrait opérer sur le mélange, de manière que PH_3 ne soit pas décomposé et que tout l'hydrogène arsénié soit détruit en un temps raisonnable. En fait, il suffit de travailler à 150°.

C'est ainsi qu'en prenant environ 20 cm^3 d'un mélange des deux gaz, en proportions à peu près égales, on constate que la pression cesse de croître après 14 h environ.

Par extraction des gaz et passage de ceux-ci dans un condenseur refroidi

---

([1]) M. Wilmet, *Thèse de Doctorat ès sciences*, Paris, 1929.

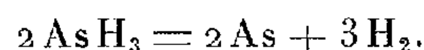
([2]) P. Lebeau, *Revue de métallurgie*, 6, 1909, p. 907.

à — 195°, on a la possibilité d'extraire l'hydrogène résultant de la décomposition, puis, après vaporisation, l'hydrogène phosphoré.

Les volumétries effectuées sur ces deux gaz conduisent aux résultats indiqués dans le tableau ci-dessous.

Gaz introduits.		Gaz recueillis.				
AsH_3.	PH_3.	AsH_3.	PH_3.	H_2.	H_2 théorique.	H_2 recueilli après chauffage du tube à catalyse à 300°.
cm³	cm³		cm³	cm³	cm³	cm³
8,20	10,62	0	10,60	11,60	12,30	0,66
8,33	10,80	0	10,70	12,16	12,49	0,48
17,95	3,05	0	3,02	26,17	26,92	0,65

On notera que le volume d'hydrogène recueilli est légèrement inférieur à celui que l'on peut attendre d'une décomposition selon la réaction :



$$2\,AsH_3 = 2\,As + 3\,H_2.$$

Ceci peut s'expliquer en admettant qu'une partie de AsH_3 est décomposée avec formation de As_2H_2, hypothèse qui paraît confirmée par le fait qu'un chauffage à environ 300° de l'alumine après désorption permet d'obtenir un volume d'hydrogène correspondant sensiblement à la différence.

En résumé, il est établi qu'il est possible de décomposer quantitativement et sélectivement AsH_3 sur de l'alumine activée portée à 150°, en présence de PH_3.

On pourra mettre à profit cette constatation pour l'analyse des mélanges de AsH_3 et de PH_3, étant donné qu'après la pyrolyse sélective il suffit de faire passer les gaz dans un condenseur refroidi à la température de l'air liquide pour séparer PH_3 de l'hydrogène résultant de la décomposition de AsH_3.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Micro-dosage iodométrique de l'azote ammoniacal.*

Note de M. **Henri Lestra** et Mlle **Geneviève Roux**, présentée par M. Paul Lebeau.

La méthode que nous proposons est une extension du procédé de Rupp et Lehmann, modifié par Fleury et Marque [1], de dosage du mercure.

Nous avons vérifié l'exactitude, qui s'est montrée satisfaisante, de cette méthode sur des prises d'essais de l'ordre de 20 à 40 mg de mercure à l'état de sel mercureux ou mercurique, et nous avons été amenés à y apporter des modifications de détail :

a. addition d'alcool à 95° pour éviter qu'une partie du mercure ne surnage lors de la réduction par le formol;

(1) Rupp et Lehmann, *Arch. Pharm.*, 263, 1905, p. 300; Fleury et Marque, *J. P. C.*, 10, 1929, p. 243.

b. élimination de l'excès de formol avant addition de la solution titrée d'iode au mercure, la dissolution du métal étant ainsi facilitée;

c. utilisation d'une solution titrée sulfurique d'iodate de potassium de bonne conservation, qui, par addition d'un excès d'iodure de potassium, fournit une solution N/5 d'iode.

Le principe de notre méthode de dosage de l'azote ammoniacal est le suivant :

L'ammoniaque libre ou salifiée donne avec l'iodomercurate de potassium un précipité d'iodure de dimercurosoammonium $I—N(Hg)_2$, dans lequel deux atomes de mercure sont combinés à un atome d'azote.

Si l'on recueille ce précipité pour lui faire subir ensuite l'action du formol en milieu alcalin, on obtient un précipité de mercure.

Comme nous l'avons vu précédemment, le mercure séparé de l'excès de formol est dissous dans une quantité connue et en excès de solution titrée d'iode.

Après dissolution totale du précipité, l'excès d'iode est dosé par l'hyposulfite de sodium.

Alors qu'une molécule d'ammoniaque consomme, par acidimétrie, un équivalent d'acide (donc 1 l de solution normale), les deux atomes de mercure combinés à 1 atome d'azote exigent, pour leur oxydation, 4 atomes d'iode (donc 4 l de solution normale) d'après l'équation



$$2Hg + 2I_2 + 2H_2O = 4IH + 2HgO.$$

Cette méthode permet donc d'abaisser notablement le poids des prises d'essais et d'augmenter la précision.

Mode opératoire. — La prise d'essai ne doit pas dépasser 1 mg d'azote ammoniacal.

A. Dans un gros tube à centrifuger, on introduit :

1° la prise d'essai de la solution ammoniacale (libre ou salifiée);

2° 5 cm^3 de réactif de Nessler parfaitement limpide.

Après quelques minutes de contact on centrifuge. On décante les liquides surnageants pour éliminer toute trace d'iodomercurate non combiné à l'ammoniaque et pouvant ultérieurement être réduit par le formol et fausser le dosage par excès. On lave le précipité d'iodure de dimercurosoammonium avec de la soude diluée environ N/10. On centrifuge et on décante.

B. On ajoute, dans le même tube, au culot de centrifugation, 2 cm^3 de lessive de soude, puis 5 cm^3 de formol au 1/2.

On triture soigneusement pour que la réduction en mercure métallique soit totale. On ajoute quelques centimètres cubes d'alcool, et on laisse en contact un quart d'heure.

On centrifuge, on décante l'excès de formol et l'on remet en suspension le

précipité dans quelques centimètres cubes d'eau. On centrifuge de nouveau, puis on rejette le liquide surnageant.

C. On ajoute au précipité de mercure 2 cm³ de solution d'iodate de potassium N/5 ([2]), puis 1 g environ d'iodure de potassium.

On agite soigneusement jusqu'à dissolution totale du mercure et on titre l'excès d'iode par l'hyposulfite de sodium N/100.

2 cm³ de solution N/5 d'iode correspondent à 40 cm³ de solution N/100 d thiosulfate de sodium. Le poids d'azote de la prise d'essai est donc de $[(40 - n) \times 0,14 \text{ mg}]/4$.

Résultats analytiques en milligrammes d'azote dans la prise d'essai (sensibilité ± 0,001 mg) :

Théorie.........	0,222	0,222	0,280	0,700	0,140	0,444	0,444	0,666
Trouvé..........	0,216	0,222	0,280	0,665	0,150	0,450	0,440	0,660

Cette méthode a pu être appliquée au dosage de l'azote ammoniacal par kjeldahlisation, notamment dans le dosage des diverses fractions protidiques du sérum sanguin, ainsi que pour le dosage des divers alcaloïdes.

MÉTALLOGRAPHIE. — *De l'influence des revenus à basse température sur la résistance au fluage.* Note (*) de MM. **Georges Delbart** et **Michel Ravery**, présentée par M. Albert Portevin.

Les auteurs ont montré précédemment comment la loi log v-log σ (vitesse-charge) était modifiée par un revenu à 700° préalable à l'essai de fluage. Dans la Note ci-dessous, ils montrent que, contrairement au revenu à 700°, les revenus de longue durée à 450 et 575° ont une influence favorable pour un grand nombre de structures micrographiques différentes.

Dans deux Notes antérieures ([1]) et ([2]) nous avons montré comment variait la vitesse de fluage en fonction de la température et de la charge pour des microstructures différentes d'un acier à C = 0,12 %, Cr = 0,6 %, Mo = 0,6 %, puis nous avons précisé dans une Note ultérieure ([3]), l'influence d'un recuit coalescent de 300 h à 700° sur l'allure des courbes log v-log σ (vitesse de fluage-charge). La présente Note a pour objet de montrer quelle est l'influence sur la résistance au fluage d'un revenu préalable de longue durée (1000 h) à des températures relativement basses (450° et 575° C). Les principaux résultats

([2]) Iodate de potassium, 7,13 g; acide sulfurique off., 50 cm³; eau q. s. p. 1000 cm³.

(*) Séance du 26 novembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1025.

([2]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 759.

([3]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 651.

des essais de fluage opérés aux températures de 450 et 575° pendant 1000 heures sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Vitesse de fluage en 10^{-4} % : h *à la millième heure avant et après revenu.*

Température de revenu à 450°. Température de l'essai de fluage : 450°. Charge 24 kg/mm².

Structure.	B.	M.	A.	D.	K.	L.	C.	E.	H.	P.
Après revenu........	4,45	1,7	1,25	0,62	0,27	0,10	–	0,03	0,02	0
Avant revenu........	0,8	5	0,6	0,40	0,22	0,15	0,5	0,14	0,08	0,17

Température de revenu à 575°. Température de l'essai de fluage : 575°. Charge 3,5 kg/mm².

Structure.	E.	D.	C.	L.	B.	M.	H.	A.	K.	P.
Après revenu........	2,20	0,95	0,55	0,55	–	0,40	0,25	0,20	0,20	0,11
Avant revenu........	2,45	–	1,46	1,80	2,6	0,69	0,25	0,20	–	0,40

B = ferrite-perlite; M et K = ferrite-bainite supérieure; A = ferrite-bainite-sorbite; D = ferrite-sorbite ; L, E = sorbites; C, P, H = bainites inférieures.

A la température de 450°, on constate que le revenu diminue la vitesse de fluage des structures du groupe T(L, E, H, P formées dans le domaine Ar‴ ou la partie inférieure du domaine Ar″). Au contraire, les structures du groupe R (formées dans le domaine Ar′ ou dans la partie supérieure du domaine Ar″) B, M, A, D, K fluent plus vite.

Une explication qualitative de ces constatations peut être la suivante : les carbures présents après traitement dans les structures du groupe T, formés à basse température, sont en principe pauvres en éléments d'alliages. Le revenu à 600° n'a pas été assez long pour amener la formation complète des carbures riches, mais après le revenu de 1000 h à 450°, il peut se produire une redissolution des carbures pauvres et une reprécipitation de carbures plus riches et plus finement dispersés qui améliorent la résistance au fluage.

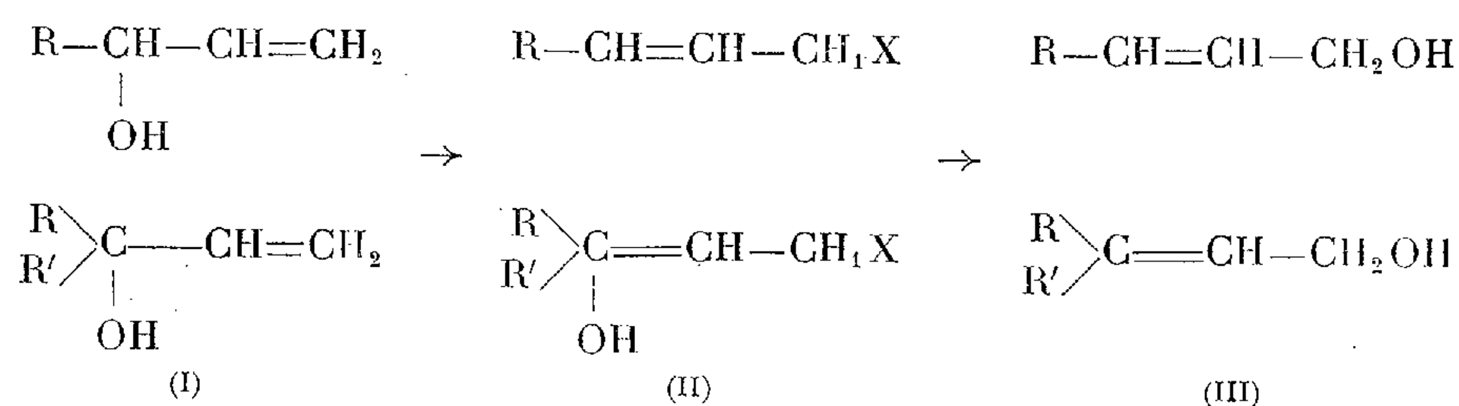
Les carbures des structures du groupe R sont en principe plus riches en éléments d'alliages, c'est-à-dire sont plus voisins de l'équilibre; ils sont plus stables et la modification essentielle susceptible d'avoir lieu se limite à une coalescence d'ailleurs faible à cette température, d'où maintien ou affaiblissement de la résistance.

Le revenu à 575° amène une amélioration générale de la résistance au fluage, sauf pour les structures H et A dont la résistance demeure la même. Outre que le mécanisme même du fluage dépend de la température, puisque suivant qu'elle est haute ou basse les déformations sont surtout intergranulaires ou surtout intragranulaires, il est ici encore possible d'expliquer l'amélioration de la résistance par une modification de la nature et de la dimension des carbures par redissolution et reprécipitation dans toutes les structures (structure B exceptée : perlite formée à 700°) dont les carbures ont été formés

à une température inférieure à la température de revenu et d'essai (575°), puisqu'ils sont bainitiques ou issus de martensite. Les résultats qui précèdent, confirment tout l'intérêt que l'on peut retirer de l'étude des revenus préalables à basse température.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle interprétation du mécanisme de la transposition allylique.* Note (*) de MM. **Georges Darzens** et **Maxence Meyer**, présentée par M. Marcel Delépine.

La transposition allylique est une importante réaction qui permet de transformer des vinylcarbinols secondaires ou tertiaires de formules générales (I) en des alcools allyliques primaires (III) :



La transposition directe de (I) en (III) n'est généralement pas possible, mais elle se réalise facilement en traitant les vinylcarbinols (I) avec un réactif acide HX où X est un anion. Au cours de cette réaction, il se produit, en effet, des dérivés transposés (II) qu'il est facile de transformer ensuite en alcools (III). Son intérêt réside dans ce fait que les vinylcarbinols sont de préparation facile, alors que les alcools allyliques ne sont que difficilement accessibles. C'est ainsi qu'ont été réalisées les synthèses du phytol par Fischer et Lœmenberg, du géraniol, du *dl*-nirolidol et du farnésol par Ruzieka ([1]).

La transposition allylique a été reconnue en 1893 par Barbier, qui montra que le linalol, traité par l'anhydride acétique donne, non l'acétate de linalyl, mais celui du géranyl ([2]). Confirmée par Bouchardat, elle fut ensuite généralisée aux carbinols vinyliques secondaires par de nombreux auteurs, parmi lesquels il convient de citer : Moureu et Gallocher, Bouis, Burton et Ingold, Gilman ([3]). R. Locquin et Sung-Wouseng, après avoir apporté

(*) Séance du 26 novembre 1951.

([1]) F. G. Fischer et K. Lœmenberg, *Ann. Chem.*, 475, 1929, p. 183; Ruzicka, *Helv.*, 2, 1919, p. 182; 6, 1923, p. 493.

([2]) Van Ramburgh, *Bull. Soc. Chim.*, (2), 36, 1881, p. 350; (2), 37, 1882, p. 103; Barbier, *Comptes rendus*, 116, 1893, p. 1200; Bouchardat, *ibid*, p. 1253; Berbram, *J. prak. Chem.*, (2), 49, 1894, p. 192.

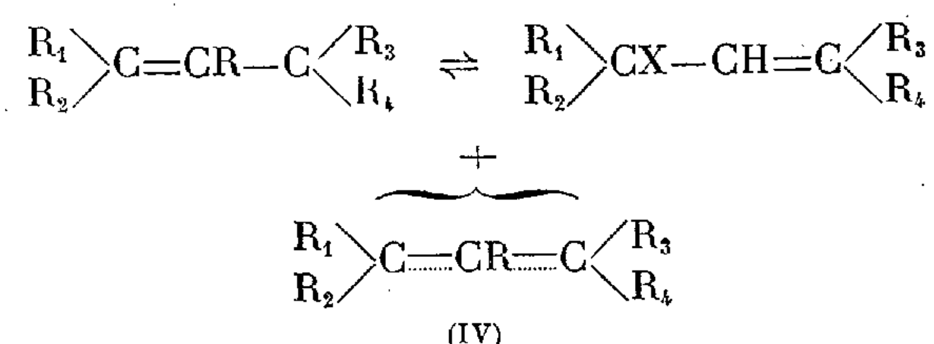
([3]) Moureu et Gallocher, *Bull. Soc. Chim*,, 29, 1921, p. 1010; Bouis, *ibid*, (4), 41, 1927, p. 1110; Burton et Ingold, *J. Chem. Soc.*, 1928, p. 909.

une importante contribution à la préparation des dialcoylcarbinols par hydrogénation des dialcoyléthinylcarbinols ont, d'autre part, montré que ces carbinols se transposaient de même en alcools allyliques primaires par les réactifs acides comme l'acide acétique bouillant, HCl et Hr. Dimroth, enfin, montrait que cette transposition se réalisait de même par l'acide trichloracétique ([4]).

De l'ensemble de ces travaux il résulte que la transposition allylique n'est pas une réaction réversible. Des deux formes (I) et (III), seule la forme allylique est thermodynamiquement stable; quant à la forme vinylique (I), pratiquement stable, elle est, en réalité, en faux équilibre dû à des résistances passives intramoléculaires ([5]).

La transposition inverse (III) → (I), qui mérite le nom de rétroallylique, est généralement impossible, du moins dans les mêmes conditions. C'est ainsi que le linalol, distillant à 198°, se transpose en géraniol, non seulement par les réactifs acides, mais également lorsqu'on le chauffe avec de l'eau à 200°, alors que le géraniol, qui distille à 230°, ne se transpose qu'à 360°; d'ailleurs seulement partiellement et avec décomposition.

En 1927, M. Ch. Prévost a proposé une interprétation de la transposition allylique basée sur la formation « par ionisation » d'un ion tripolaire de formule : $>\overset{+}{C}H—\overset{-}{C}H—\overset{+}{C}H_2$ et la migration de l'anion $O\overset{-}{H}$ ou X ([6]). Cette théorie, dénommée synionie, a été généralement admise et même formulée sous la forme plus générale suivante ([7]) :



où la forme mésomérique (IV) serait un dérivé du carbonium.

D'après ce qui a été exposé plus haut, ces interprétations, purement formelles, ne nous semblent plus admissibles; elles n'interprètent d'ailleurs pas le rôle si important du réactif acide.

([4]) R. Locquin et Sung Wouseng, *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1427, 1551 et 1711; Dimroth, *Bericht Deuth. Gels.*, **71**, 1938, p. 1396.

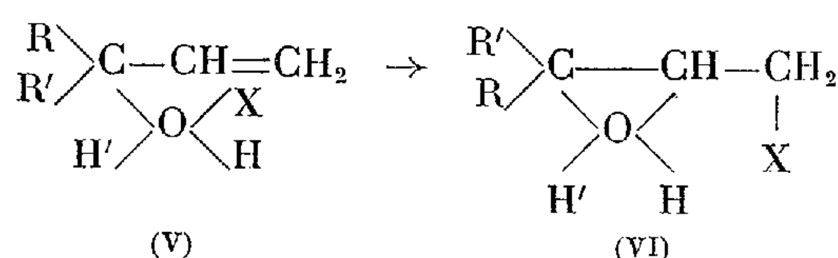
([5]) La notion de faux équilibres en thermodynamique est due à Duhem, elle joue un rôle important en Chimie organique et en Biologie.

([6]) Ch. Prévost, *Comptes rendus*, **183**, 1927, 132; *Colloque International*, 1950; *Bull. Soc. Chim.*, (5), 1951, p. 1 à 7.

([7]) L. N. Owen, *The Perfumerce and Essential Oils record*, **41**, 1950, p. 4-9.

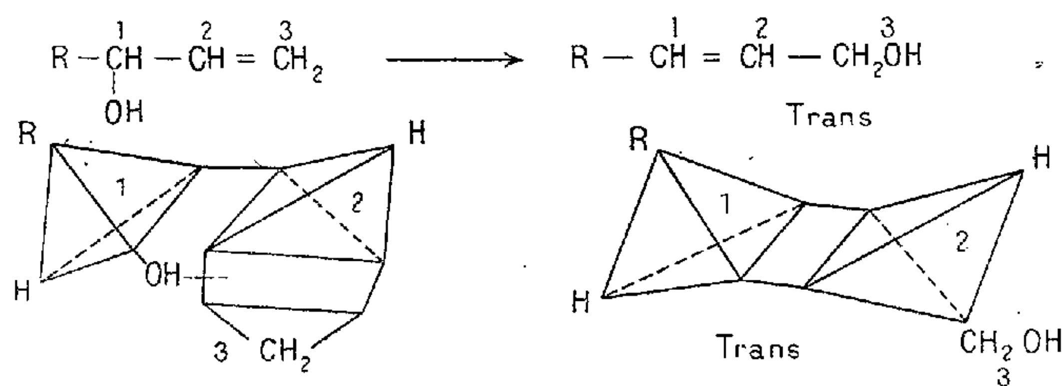
Nous avons, par suite, été amenés à en proposer une nouvelle basée sur la formation d'un dérivé d'oxonium.

D'après cette conception, l'acide HX vient d'abord réagir avec l'anion OH pour donner l'oxonium (V) :



Or, dans un tel dérivé, l'anion X est comparable à l'halogène d'un hypochlorite qui, suivant une réaction bien connue, va réagir, par addition, sur la fonction éthylénique, pour donner le dérivé (VI). Ce dernier, instable, se transposera en alcool allylique (III) avec élimination de H_2O.

Une autre considération, basée sur des faits d'ordre stéréochimiques, vient confirmer cette interprétation. D'après MM. Ch. Prévost et Valette, la transposition des vinylcarbinols secondaires donne des alcools allyliques de constitution *trans* ([6]). Or, c'est précisément ce que fait prévoir notre interprétation comme le montre le schéma ci-joint :



Dans la théorie de la synionie, il n'y a aucune raison pour que se forme exclusivement le *trans*.

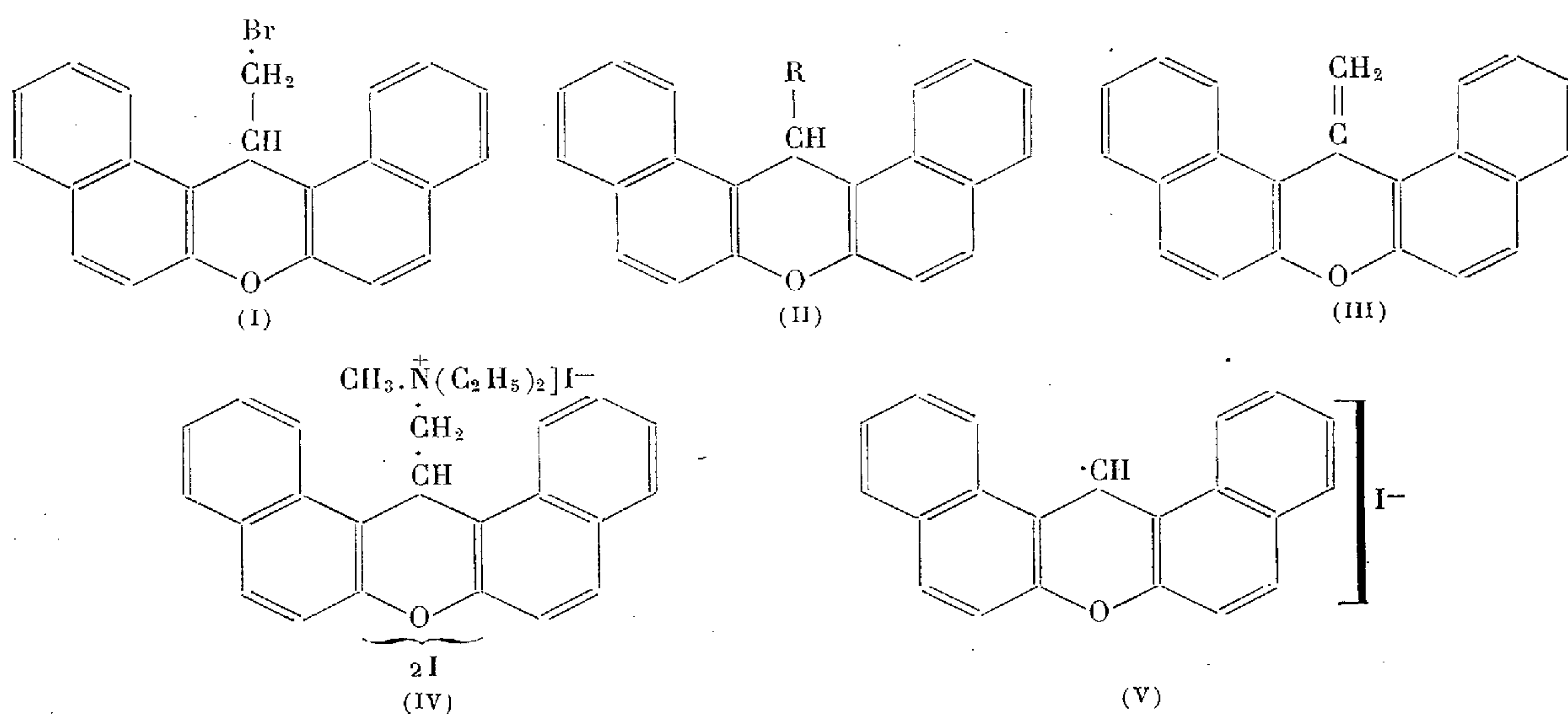
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques propriétés singulières des halogénométhyl-14 dinaphtopyranne.* Note de M. **Robert Damiens**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le bromométhyl-14 dinaphtopyranne (I), chauffé avec une solution alcoolique d'ammoniac ou avec du cyanure de potassium, se transforme en dinaphtopyranne (II, R = H). Une réaction analogue est observée dans l'action de l'iodure de méthyle sur le diéthylaminométhyl-14 dinaphtopyranne [II, $R = CH_2N(C_2H_5)_2$] en solution dans l'alcool.

Dans une Note récente ([1]), nous avons montré que le bromométhyl-14 dinaphtopyranne (I) se combinait aisément avec les amines primaires et secon-

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 984.

daires en solution benzénique pour conduire aux dérivés (II, R = $CH_2NR'R''$). Si l'on fait agir l'ammoniac sur (I) en milieu alcoolique, on observe la formation, en petite quantité, d'un composé méthylénique (III).



Poursuivant ces recherches, nous avons cherché à identifier les autres composés résultant de l'action de l'ammoniac sur (I) en solution alcoolique ou benzénique. Nous avons également étudié l'action de CNK sur (I) en solution alcoolique et celle de l'iodure de méthyle sur (II, R = $CH_2NR'R''$) dans l'alcool, l'éther ou le benzène.

Action de l'ammoniac. — En chauffant (I) avec une solution alcoolique d'ammoniac en tube scellé vers 150°, il se forme, indépendamment du dérivé méthylénique (III), un composé de formule $C_{21}H_{14}O$, fusible à 203° en tube capillaire et dont le picrate, rouge vermillon, se décompose vers 172°. Ce dérivé est identifié au dinaphtopyranne ([2]) (II, R = H). Calculé pour $C_{21}H_{14}O$: C 89,36; H 4,96; trouvé : C 89,32; H 5,18.

Par contre le même composé (I) chauffé en tube scellé à 130° avec un grand excès d'une solution saturée d'ammoniac dans le benzène donne normalement l'amine primaire (II, R = CH_2NH_2) dont le bromhydrate est recristallisé dans CCl_4 en fins cristaux blancs se décomposant vers 170° sur le bloc. Calculé pour $C_{22}H_{18}O$ NBr : N 3,57; Br 20,40; trouvé : N 3,61; Br 20,62.

Action du cyanure de potassium. — Cette action sur (I) est strictement identique à celle de l'ammoniac en solution alcoolique. Dans ce même milieu et en tube scellé on aboutit au seul dinaphtopyranne (II, R = H) F 203°, caractérisé par son picrate rouge. F déc. 172°. Calculé pour $C_{21}H_{14}O$: C 89,36; H 4,96; trouvé : C 88,95; H 5,03.

([2]) R. Fosse, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, (3), 27, 1902, p. 510.

Action de l'iodure de méthyle sur les dialcoylaminométhyl-14 dinaphtopyranne. — Si l'on traite par l'iodure de méthyle une solution alcoolique de diéthylaminométhyl-14 dinaphtopyranne (¹) [II, $R = CH_2N(C_2H_5)_2$], on obtient, après quelques semaines de repos, un précipité de diiodure d'iodométhylate de diéthylaminométhyl-14 dinaphtopyrylium (IV), puis de l'iodure de dinaphtopyrylium (V).

Le periodure (VI) se présente sous la forme de gros cristaux bleu-noir à éclat métallique, solubles dans l'éthanol à chaud, insolubles dans l'eau. La poudre est de couleur rouge sombre. F 144°. Calculé pour $C_{27}H_{28}ONI_3$: C 42,46; H 3,67; N 1,83; I 49,93; trouvé : C 42,35; H 3,79; N 1,82; I 50,00.

L'iodure (V) est cristallin, noir mat; la poudre, également noire, se décompose à partir de 185°. Calculé pour $C_{21}H_{13}OI$: C 61,76; H 3,18; O 3,92; I 31,12; trouvé C 61,93; H 3,25; O 4,0; I 31,20.

De la solution alcoolique, nettement acide (libération de IH), nous avons identifié l'aldéhyde acétique sous forme de sa semicarbazone (F 162°).

En solution éthérée et à froid, seul le composé (IV) se forme. Enfin, en solution benzénique et en tube scellé, nous avons obtenu à partir de (II) ($R = CH_2N(CH_3)_2$), et de CH_3I, l'iodométhylate (II) ($R = CH_2N(CH_3)_3I$). F 266° (corr.). Calculé pour $C_{25}H_{24}ONI$: N 2,91; I 26,40; trouvé N 2,84; I 26,36.

Conclusions. — L'action de l'ammoniac ou du cyanure de potassium sur le bromométhyl-14 dinaphtopyranne ou celle de l'iodure de méthyle sur un dialcoylamino-méthyl-14 dinaphtopyranne en solution alcoolique, déterminent la rupture de la liaison entre le CH du noyau pyrannique et le groupement méthylène. Ces mêmes réactions, effectuées en solution benzénique, conduisent aux composés de substitution attendus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le cours des réactions de Friedel-Crafts chez trois xylidines* N-*acétylées.* Note de MM. **Bernard Eckert**, **René Royer** et **N. P. Buu-Hoï**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il est montré que les réactions de Friedel-Crafts, effectuées sur la N-acétylparaxylidine, conduisent à une substitution en *para* par rapport à l'azote lorsqu'on utilise les chlorures d'acides et le chlorure d'aluminium; par contre, dans le cas de la N-acétyl-*asym.*-métaxylidine et de la N-acétyl-*vic.*-orthoxylidine, la substitution a lieu en *méta* par rapport à l'azote.

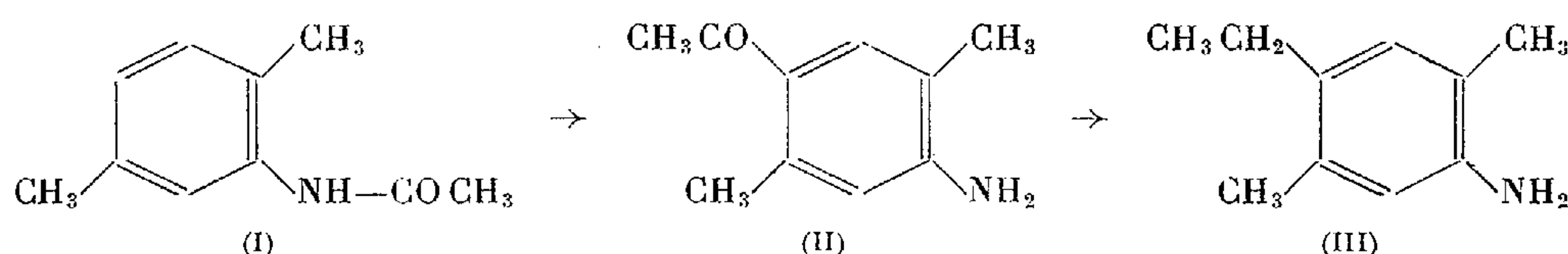
Nous avons pu montrer récemment (¹) que l'acylation de la N-acétylorthotoluidine au moyen des chlorures d'acides et du chlorure d'aluminium conduit à une substitution en *méta* par rapport au groupement amino, alors

(¹) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 627.

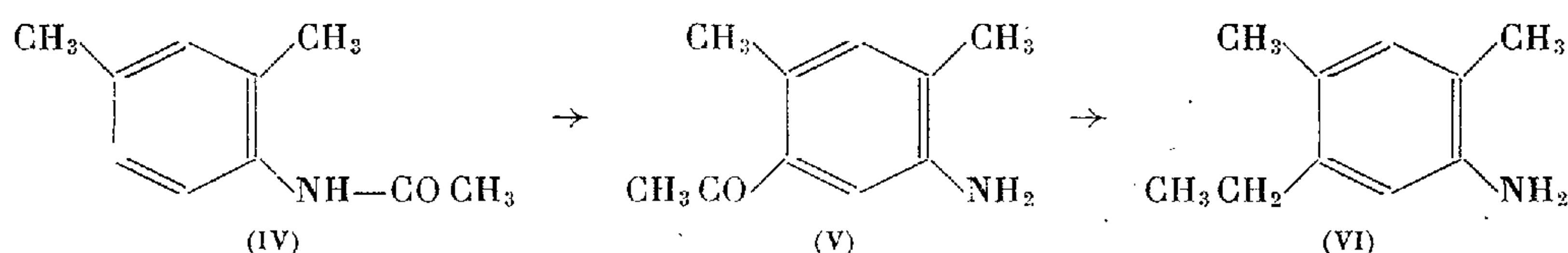
qu'avec la N-acétylmétatoluidine, la substitution a lieu en *para* par rapport à l'azote.

Dans le présent travail, nous continuons l'étude de ces phénomènes d'orientation chez trois xylidines N-acétylées : la N-acétylparaxylidine (I), la N-acétyl-*asym.*-métaxylidine, et la N-acétyl-*vic.*-orthoxylidine.

1. La N-acétylparaxylidine, traitée par le chorure d'acétyle en présence de chlorure d'aluminium, a conduit, après hydrolyse de la fonction amide, à la *diméthyl*-2.5 *acétyl*-4 *aniline* (II) ($\acute{E}_{13}$ 186-188°; F 156°); la constitution de ce corps est déterminée par sa réduction par l'hydrate d'hydrazine et la potasse (²), en *diméthyl*-2.5 *éthyl*-4 *aniline* (III) (huile jaune pâle, É 243°; $n^{18,5}$ 1,5515 dérivé acétylé F 144°). Cette dernière amine avait déjà été obtenue, à l'état impur, par Hodgkinson et Limpach (³) en chauffant le chlorhydrate de paraxylidine avec l'éthanol en tube scellé.



2. La N-acétyl-*asym.*-métaxylidine, traitée par le chlorure d'acétyle de façon analogue, conduit (après hydrolyse amidique) à la *diméthyl*-2.4 *acétyl*-5 *aniline* (V) (F 89°; $\acute{E}_{13}$ 178-180°) préparée auparavant par Claus (⁴) en réduisant la diméthyl-2.4 nitro-5 acétophénone par le zinc et l'acide chlorhydrique. La réduction de l'aminocétone (V) par l'hydrate d'hydrazine et la potasse conduit à un nouvel homologue de la pseudocumidine, la *diméthyl*-2.4 *éthyl*-5 *aniline* (VI) (huile jaune pâle, É 243-244°; n^{19} 1,5515 dérivé acétylé, F 151°).



3. L'acétylation de la N-acétyl-*vic.*- orthoxylidine conduit, après hydrolyse de la fonction amide, à une aminocétone (F 70°; aiguilles jaune pâle) qui doit être la *diméthyl*-2.3 *acétyl*-5 *aniline* (VIII). En effet, sa désamination (par diazotation et réduction du groupe diazo par le formol en milieu alcalin) conduit à la diméthyl-3.4 acétophénone, caractérisée par son oxydation par

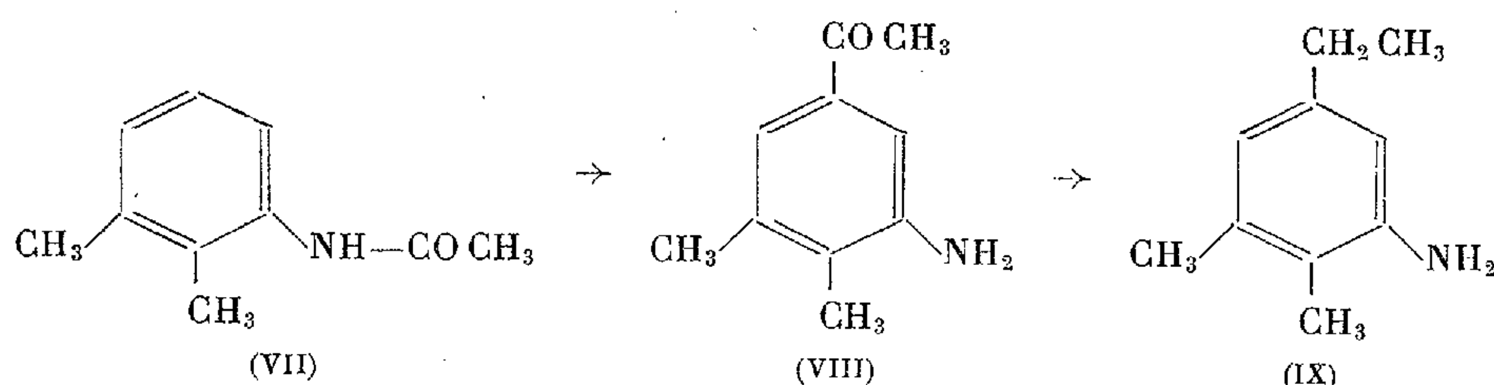
---

(²) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1536.

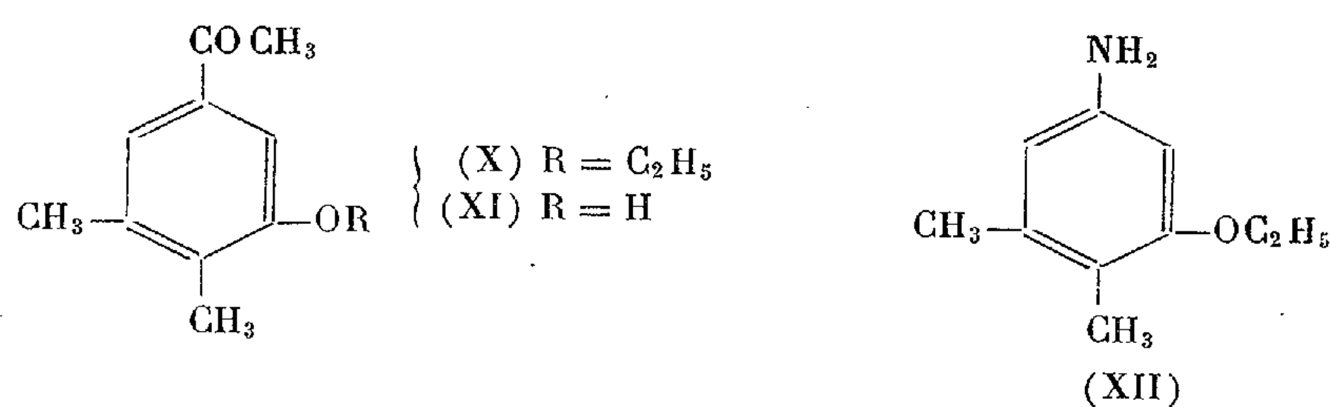
(³) *J. Chem. Soc.* (Londres), 61, 1892, p. 421.

(⁴) *J. prakt. Chem.*, 41, [2], 1890, p. 498.

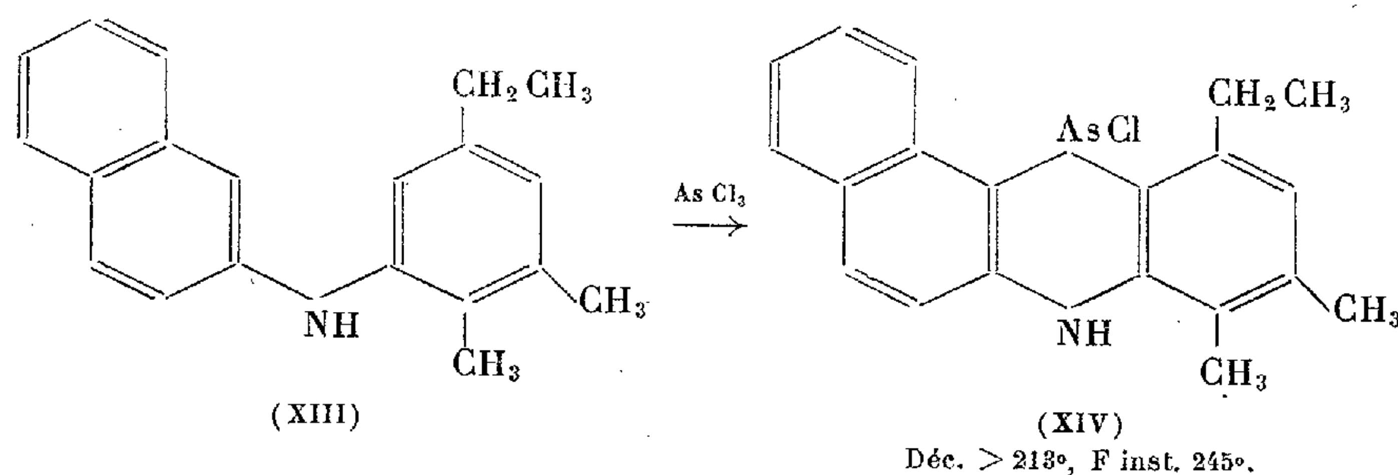
l'hypobromite de sodium alcalin en acide diméthyl-3.4 benzoïque (F 166°).



A partir de l'aminocétone (VIII), on peut réaliser des synthèses intéressantes. Ainsi, par diazotation en milieu éthanol, elle conduit à la *diméthyl*-3.4 *éthoxy*-5 *acétophénone* (X) (paillettes incolores, F 55°; $É_{15}$ 157-158°) et à la *diméthyl*-3.4 *hydroxy*-5 *acétophénone* (XI) (paillettes nacrées, F 121°); la transposition de Beckmann, effectuée sur l'oxime de la cétone (X) (paillettes incolores F 121°), conduit à la *diméthyl*-3.4 *éthoxy*-5 *aniline* (XII) (aiguilles incolores F 80°;



dérivé acétylé, F 134°). Enfin, la réduction par l'hydrate d'hydrazine de la cétone (VIII) conduit à un second homologue nouveau de la pseudocumidine, la *diméthyl*-2.3 *éthyl*-5 *aniline* (IX) (huile jaune pâle, F 244-245°; dérivé acétylé, F 149°). Cette dernière amine se prête aux réactions habituelles : ainsi, condensée avec le β-naphtol en présence d'iode, elle fournit la N-(diméthyl-2.3 éthyl-5) β-naphtylamine (XIII) (aiguilles incolores, F 71°). Le fait que ce dernier corps se combine aisément au trichlorure d'arsenic pour donner une phénarsazine (XIV) est une preuve supplémentaire de la constitution de l'amine de départ (position ortho libre).

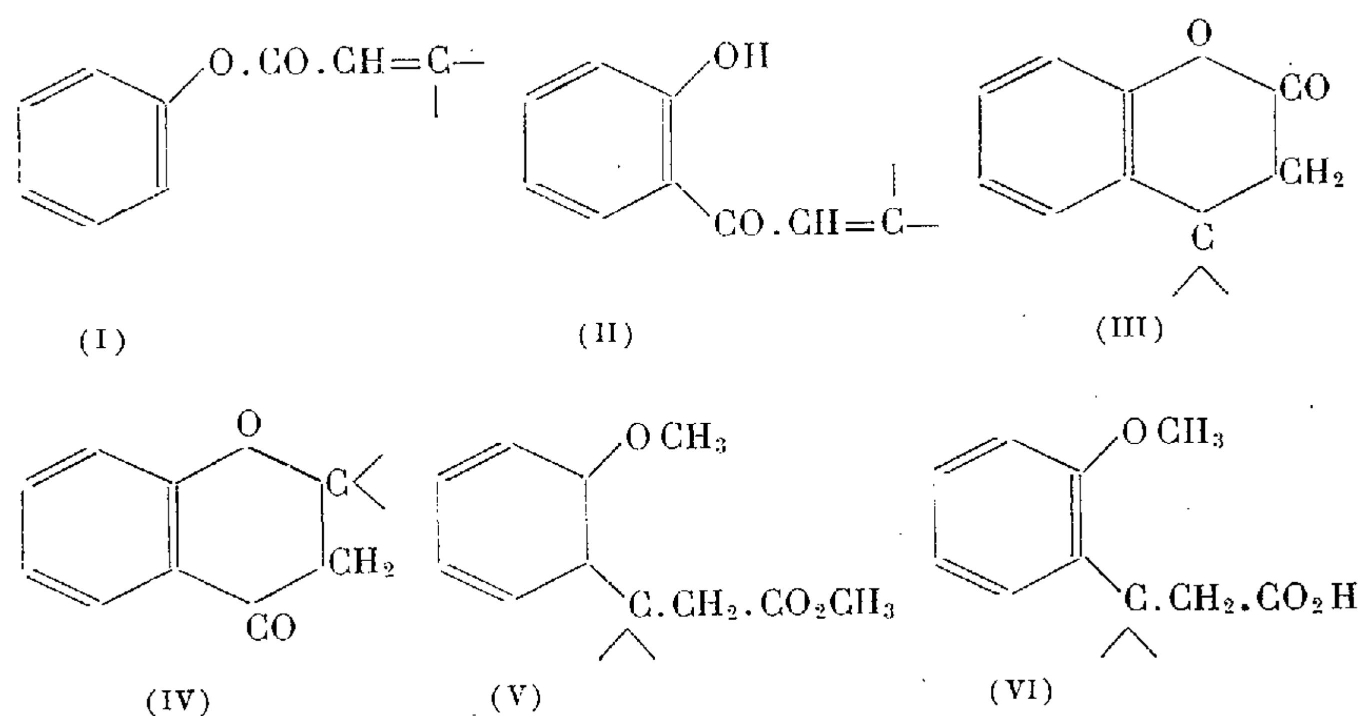


CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomérisation des esters d'acides α-éthyléniques des phénols en dihydrocoumarines*. Note de MM. **Jean Colonge** et **René Chambard**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les esters β.β-dialcoylacryliques et cinnamiques des phénols, chauffés en milieu sulfocarbonique et en présence de chlorure d'aluminium, s'isomérisent en dihydrocoumarines correspondantes.

L'action du chlorure d'aluminium sur les esters α-éthyléniques des phénols (I) ou, ce qui revient au même, sur les esters d'acides β-halogénés a déjà fait l'objet d'essais qui ont abouti, par une transposition de Friess, aux *o*-hydroxyarylcétones (II).

Nous avons trouvé des conditions permettant d'isomériser les esters (I) en *dihydrocoumarines* (III) dont certaines ont été obtenues antérieurement par des voies presque analogues; ainsi, Liebermann et Hartmann [1] obtiennent la phényl-4 dihydrocoumarine en traitant un mélange de phénol et d'acide cinnamique par l'acide sulfurique; de même Smith et Spillane [2] forment la tétraméthyl-4.4.6.8 dihydrocoumarine par action du chlorure d'aluminium sur le mélange de diméthyl-2.4 phénol et d'acide diméthylacrylique.



Nous avons d'abord préparé un certain nombre d'esters par action de chlorures d'acides α-éthyléniques sur des phénols (*voir* tableau I); puis chaque ester (25 g), mis en solution dans le sulfure de carbone (75 cm³), a été chauffé à reflux pendant 3 h, en présence de chlorure d'aluminium (35 g).

---

(1) *Ber.*, **24**, 1891, p. 2580 et **25**, 1892, p. 958.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, **65**, 1943, p. 282.

TABLEAU I. — *Esters des phénols.*

Esters préparés.	Rendements (%).	Point d'ébullition.	d_4^t.	n_D^t.
Crotonate de phényle.........	64	115-118° (12 mm)	1,061 (23°)	1,5223
Tiglate de phényle...........	88	124-126 »	1,047 (20°,5)	1,5237
Diméthylacrylate de phényle...	91	129-131 (14 mm)	1,040 (21,5)	1,5260
» d'*o*-crésyle...	80	138-139 (13 »)	1,025 (21)	1,5236
» de *m*-crésyle.	85	160-161 (25 »)	1,019 (27)	1,5210
» de *p*-crésyle.	81	141-145 (13 »)	1,026 (19)	1,5262
Méthyléthylacrylate de phényle.	70	137 »	1,022 (23)	1,5131

Nous avons constaté :

1° Que les esters β.β-dialcoylacryliques et les esters cinnamiques donnent les dihydrocoumarines correspondantes (*voir* tableau II) accompagnées parfois d'*o-hydroxycétones* (II) qui évoluent souvent au cours des traitements en *chromanones* (IV). Les rendements en hydrocoumarines oscillent entre 50 et 78 %, sauf pour le diméthylacrylate de *m*-crésyle (10 %).

TABLEAU II. — *Dihydrocoumarines.*

Dihydrocoumarines.	Rendements (%).	Point d'ébullition.	Point de fusion.
Diméthyl-4.4 dihydrocoumarine....	67	145° (13,5 mm)	–
Triméthyl-4.4.8 »	50	146°,5 (11 »)	29°
» 4.4.7 »	10	162° (17 »)	59°,5
» 4.4.6 »	78	155-160° (15 »)	64,5
Phényl-4 »	65	222-224 (15 »)	84
Méthyl-6 phényl-4 »	65	166-170 (2,5 »)	79
Méthyl-4 éthyl-4 »	53	156° (12 »)	–

2° Que les esters acrylique, méthacrylique, crotonique et tiglique de phényle ne conduisent pas à des hydrocoumarines.

Il paraît donc nécessaire pour qu'il y ait cyclisation en dihydrocoumarines que les esters (I) dérivent d'un acide α-éthylénique β.β-disubstitué par des radicaux alcoyles ou β-monosubstitué par un radical arylique.

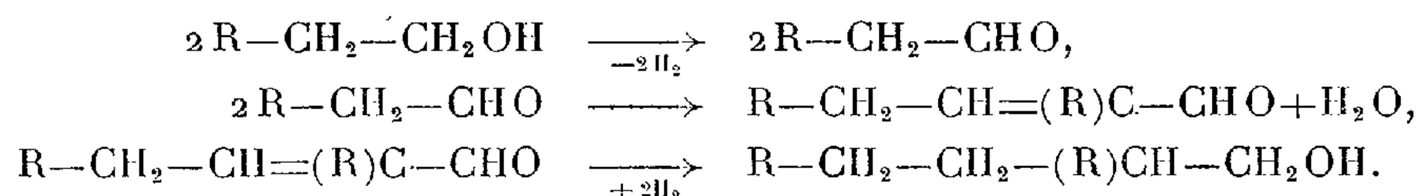
Les dihydrocoumarines sont des produits incolores, faiblement odorants, insolubles à froid dans les lessives alcalines, solubles à l'ébullition dans la soude à 10 %; par action du sulfate de méthyle, en milieu alcalin, elles conduisent à des *esters-éthers* (V) et ceux-ci par saponification à des *acides-éthers* (VI) (*voir* tableau III).

TABLEAU III. — *Esters-éthers et acides-éthers.*

Esters-éthers.	Rendements (%).	Point d'ébullition.	Acide-éther point de fusion.
Méthyl-3 (méthoxy-2′ phényl)-3 butanoate de méthyle	63	156-158° (22 mm)	71°,5
Méthyl-3 (méthoxy-2′ méthyl-3′ phényl)-3 butanoate de méthyle	51	156-160 (15 »)	63
Méthyl-3 (méthoxy-2′ méthyl-5′ phényl)-3 butanoate de méthyle	55	147-148 (12 »)	79,5
Phényl-3 (méthoxy-2′ phényl)-3 propanoate de méthyle	87	148-150 (2,5 »)	126

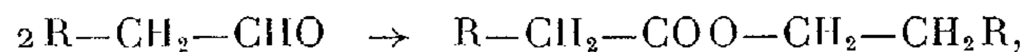
CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des alcools par la réaction de Guerbet à pression ordinaire.* Note (*) de MM. **Jean Bolle** et **Louis Bourgeois**, présentée par M. Charles Dufraisse.

La réaction de condensation des alcools en présence de leurs alcoolates selon Guerbet [1] est représentée schématiquement par



$$2\,R{-}CH_2{-}CH_2OH \xrightarrow[-2H_2]{} 2\,R{-}CH_2{-}CHO,$$
$$2\,R{-}CH_2{-}CHO \longrightarrow R{-}CH_2{-}CH{=}(R)C{-}CHO + H_2O,$$
$$R{-}CH_2{-}CH{=}(R)C{-}CHO \xrightarrow[+2H_2]{} R{-}CH_2{-}CH_2{-}(R)CH{-}CH_2OH.$$

Cette réaction a été étudiée récemment par Weizmann [2] qui a constaté l'action favorable du bronze de cuivre agissant comme catalyseur de déshydrogénation. Les conditions de température et de pression élevées nous ont amenés à étudier l'emploi du nickel Raney [3], catalyseur plus puissant. En travaillant en autoclave à 150-180° avec des pressions finales de 35 à 40 atm, l'alcool utilisé étant l'alcool butylique normal, nous avons obtenu des résultats voisins de ceux de Weizmann; le produit principal de réaction est l'éthyl$_2$-hexanol. Il se forme en même temps de l'acide butyrique (ou esters de cet acide) selon



$$2\,R{-}CH_2{-}CHO \rightarrow R{-}CH_2{-}COO{-}CH_2{-}CH_2R,$$

ce qui peut expliquer l'accroissement de pression en fin de réaction.

(*) Séance du 26 novembre 1951.

(1) *Comptes rendus*, **133**, 1901, p. 122; **134**, 1902, p. 467.

(2) Weizmann, Bergmann et coll., *J. Chem. Soc.* (Londres), 1947, p. 851; *J. Org. Chem.*, **15**, 1950, p. 54.

(3) Vgl U. S. Patent n° **2.457.866** (4 janvier 1949).

L'action déshydrogénante du nickel Raney sur les alcools est sensible à des températures peu élevées ([4]) et la première phase de la réaction de Guerbet peut être considérée comme satisfaisante pour l'alcool butylique à la température d'ébullition de cet alcool. Nous avons essayé de réaliser la condensation à pression ordinaire dans un ballon muni d'une agitation et d'un réfrigérant ascendant relié à une soupape à mercure permettant de constater le dégagement gazeux. Nous avons mis en réaction 1 atome de sodium pour 5 mol d'alcool et environ 2 g de nickel Raney par molécule d'alcool.

Dans ces conditions et après un chauffage de 24 h pendant lequel il se faisait un faible dégagement gazeux régulier, nous avons pu isoler une très petite quantité d'éthyl 2-hexanol et montrer la présence de trace d'aldéhyde butylique. Un chauffage plus prolongé n'a pas amené de modification sensible au rendement très faible de la réaction. Nous avons alors supposé que la formation d'eau provenant de la deuxième phase de la réaction était susceptible de modifier l'action du catalyseur et nous avons introduit dans le mélange réactionnel de la chaux vive pulvérisée qui capte l'eau irréversiblement aux températures utilisées. Dans ces conditions nous avons retrouvé et dépassé les rendements obtenus en travaillant en autoclave; la réaction ne se limite d'ailleurs pas à l'obtention de l'alcool de doublement, mais il se forme également des alcools supérieurs en quantités importantes si l'on ajoute de fortes quantités de chaux vive et prolonge le chauffage.

En utilisant les proportions suivantes : 15 moles d'alcool butylique normal, 3 atomes de sodium pour former le butylate de sodium, 5 moles de chaux vive pulvérisée et fraîchement grillée et 56 g de nickel Raney, nous avons obtenu après 20 h de chauffage à l'ébullition un rendement brut de 44 % en éthyl 2-hexanol ou si l'on tient compte de l'alcool butylique récupéré, un rendement de transformation de 60 %; il reste, en outre, 55 g d'alcools supérieurs.

L'éthyl$_2$-hexanol obtenu (É 181-183°) ne contient que des traces de produits non saturés.

En faisant réagir dans les mêmes conditions d'autres alcools nous avons pu obtenir aisément à partir de :

Propanol normal : le méthyl$_2$-pentanol ($É_{760}$ 149-150°);

Hexanol normal : le butyl$_2$-octanol ($É_4$ 137°);

Octanol normal : l'hexyl$_2$-décanol ($É_4$ 165-170°).

Le départ important d'hydrogène observé au cours de ces réactions permet de conclure à un mécanisme de réaction complexe dans lequel doivent intervenir des échanges fonctionnels.

([4]) Vgl Ruiter et Jungers, *Bull. Soc. Chem. Belg.*, 58, 1949, p. 210; Cl. Thonon et Jungers, *Bull. Soc. Chem. Belg*, 58, 1949, p. 331.

GÉOLOGIE. — *Sur les éclats tectoniques des Mischabel, aux environs de Zermatt.* Note de M. **Frédéric Hermann**, présentée par M. Paul Fallot.

La nappe des schistes lustrés (et ses lames internes de Trias listriquement *migré* et entassé vers l'avant), à *avancée horizontale Nord*, est percée et compliquée *en travers* et *de bas en haut* par le cisaillement tardif de ces éclats : en dalles *planes* inclinées à 34°, alignées *Nord* 35° *Est*, à gauche de la Viège; verticaux, alignés *Nord* 65° *Est*, à droite. Il n'y a pas de « pli en retour ».

Vue en direction oblique, par exemple du Gornergrat, la belle courbure de Mesozoïque entre Mettelhorn et Viège, a pu sembler, à un examen sommaire, envelopper la nappe du Saint-Bernard en un « pli en retour des Mischabel » ([1]). Observée en direction structurale correcte, c'est une *ligne droite* de contact tectonique tridimensionnellement oblique, contre la surface absolument *plane* d'une dalle de gneiss à inclinaison constante de 34°. Il n'y a pas de courbure, pli, enveloppement, dépôt de couverture, digitations en retour, mais la rencontre mécanique de la *nappe des schistes lustrés*, à *direction horizontale Nord*, avec les *éclats tectoniques des Mischabel, alignés*, ici, *Nord* 35° *Est.* La nappe est *plaquée en travers* sur la *face* de l'éclat externe, puis, à l'extrémité supérieure de celui-ci, sur les éclats sous-jacents suivants, dans le haut de la Grieskumme et sous le Mettelhorn.

Ce déplacement sur les éclats successifs étale latéralement le placage qui, vers le bas aussi, prend l'apparence d'une courbe, de par les hasards de l'érosion de l'éclat portant. L'ensemble, *vu en plan*, produit l'apparence d'une courbure, *bien que rectiligne vu en coupe.*

Les objets tectoniques, leurs relations et leurs mouvements surtout, ont *trois* dimensions *gauches*. Les coupes courantes, à deux dimensions droites, ne sauraient rendre les faits, surtout si elles sont parallèles à ce qu'elles devraient représenter. Ici, comme *partout*, les structures parallèles internes de chaque éclat sont toujours obliques à ses surfaces listriques et toujours discordantes fût-ce de peu, d'un éclat à l'autre. Chaque éclat est fini, latéralement et en hauteur, à bords souvent ébréchés, en polygones quelconques; ils ne plongent pas tous très profond, perchés parfois, en coin, entre deux autres. Les axes sont à inclinaison variable, différant d'un éclat à l'autre. Aux abords de Zermatt, ils plongent tous plus ou moins fort à l'Ouest.

Sur le versant droit de la Viège, en discontinuité de lieu et *aligné en convergence* oblique au versant gauche, le « flanc renversé » du pli des Mis-

---

([1]) Cf. *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 642, 859, 1228, 1307. *Cf.*, pour suivre cette Note, *fig.* 20 et 3 in A. Güller, *Eclogæ Geol. Helvetiæ*, **40**, 1947, p. 39.

chabel n'existe pas. L'on observe le long du large chenal d'éboulis de l'Arbzug : au Sud la nappe des schistes lustrés, *dirigée* et plongeant faiblement *au Nord* dans les hauts, en aval, des lames de gneiss (éclats des Mischabel), *alignées Nord* 65° *Est*, subverticales enrichies vers le haut de paquets de lames verticales plus frontales.

Tout en haut, du côté Nord de l'Arbzug, se dresse une mince crête de gneiss haute de quelques dizaines de mètres, longue de 5 à 600 m, séparée par un petit vallon presque comblé d'éboulis, des pentes dominantes de schistes lustrés, dirigés et plongeant faiblement au Nord.

Cette crête, l'Arbzuggrätli (point trigonométrique 2310,5, cote 2376), située dans le Nord de la Tufterenalp, bien visible de Zermatt, accessible en 1 h de la station du téléphérique de Blauherd, est composée d'une dizaine de lames listriques verticales de gneiss, alignées, comme il a été dit, Nord 65° Est, nettement séparées par des fractures, béantes çà et là.

Vers la cote 2376, les éclats, devenus plus serrés, disparaissent, depuis les plus externes, sous les éboulis. Vers le chenal de l'Arbzug, qu'ils surplombent, abrupts, et sous lequel ils disparaissent, ces éclats semblent plonger brusquement, du moins par une arête oblique de leur polygone, vers et même sous la Viège, l'extrapolation de leur alignement se situant sous les masses de schistes lustrés au delà du chenal.

Nombre de parties bien conservées montrent à nu, luisants à distance (séricite et autres modifications pétrographiques), polis, comme *des tranchants de ciseau* à peine émoussés par l'usure : les pointes des éclats. La fraîcheur conservée prouve que, tardivement, *ils ont foré, tranché, pénétré de bas en haut*, en biseaux intercutanés, au sens de P. Fallot, la masse de la nappe des schistes lustrés, *perpendiculairement* à sa stratification.

Trois de ces éclats portent, perchée sur et entre leurs pointes, *une petite masse de cargneules* d'à peine 1 m³ semblable en coupe à une aigle essorante ou à un W. Ces cargneules existent presque toujours à la base de la nappe des schistes lustrés : leur contact avec les gneiss est ici si nettement tranché qu'elles y semblent posées.

Dans le Nord de l'Arbzuggrätli, on observe plusieurs éclats plus bas et plus internes, puis sur l'arête Nord de la Sattelspitze, un éclat en large coin, dressé contre les schistes lustrés discordants, bordés d'une mince bande de cargneules (que Güller, *loc. cit.*, décrit avec quelques autres traces), maintenu par un puissant éclat, formant le sommet Nord de la cote 2935, surmonté de celui montant de Taesch à la cote 2670,8.

L'Arbzuggrätli et les éclats de toute l'arête Nord du Mettelhorn sont les flancs divergents de la *gerbe d'éclats*, le cœur a disparu dans le creux fait par la Viège. Ceux de l'Arbzuggrätli semblent pouvoir se prolonger vers le Mischabeljoch. Ceux de l'Alphubel, plus méridionaux, disparaissent

sous la Taeschalp et existent peut-être, profonds, jusque sous Zermatt, que toute la gerbe, plongeante, ne doit guère dépasser.

Des allures listriques analogues, parallèles, non homotopes, aux environs de Zinal et d'Évolène, les allures listriques atténuées, dans la vallée de Zermatt, atteignant Saint-Nicolas, la structure en écailles de gneiss du Grand-Combin et de l'éventail de Bagnes me font considérer la nappe du Saint-Bernard, entre Fletschhorn et Aoste comme un amas de débris, dû à l'avancée de la nappe des schistes lustrés, puis à celle du Mont-Rose.

Les *faits* que je viens d'exposer constituent une preuve inespérable autant que décisive qui s'ajoute aux *faits observés* mis à la base des conceptions énoncées dans mes Notes précédentes (*loc. cit.*) sur l'orogénie des Alpes Occidentales.

GÉOLOGIE. — *Relations zonéographiques entre le massif de Sesia-Lanzo et le massif du Grand-Paradis* (*Alpes Piémontaises*). Note de M. **Robert Michel**, transmise par M. Maurice Gignoux.

L'étude pétrographique et zonéographique de la partie Sud du massif de Sesia-Lanzo montre que ce dernier est constitué par d'anciens micaschistes repris par le métamorphisme alpin. Cette série crystallophyllienne forme la couverture normale d'ectinites du massif de migmatites du Grand-Paradis.

J'ai montré dans une Note précédente [1] que le *massif du Grand-Paradis* est constitué par une série cristallophyllienne d'âge antéalpin, comportant principalement des migmatites qui passent, à la base, au granite d'anatexie et, au sommet, aux micaschistes à deux micas. Cette série a subi une rétromorphose d'âge alpin dans la zone de métamorphisme des schistres lustrés, c'est-à-dire dans la zone des micaschistes supérieurs; cette rétromorphose a été accompagnée par une intense métasomatose sodique.

J'ai poursuivi mes recherches dans la partie du *massif de Sesia-Lanzo* située à l'Est du Grand-Paradis. On a considéré jusqu'à présent les massifs de Sesia-Lanzo et du Grand-Paradis comme deux unités absolument indépendantes, parce qu'ils sont séparés par une étroite bande de schistes lustrés interprétée comme la « zone des racines » de la nappe des schistes lustrés. Je suis en mesure de montrer que cette distinction est artificielle et que le massif de Sesia-Lanzo ne fait que poursuivre et compléter vers l'Est la série cristallophyllienne du Grand-Paradis.

La vallée de l'Orco, qui traverse entièrement la région, permet de relever la coupe suivante d'Ouest en Est.

---

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1365.

1. embréchites œillées du Grand-Paradis;

2. « gneiss minuti » des auteurs italiens, constituant l'auréole périphérique du massif du Grand-Paradis et la partie occidentale du massif de Sesia-Lanzo. La série mésozoïque des Schistes lustrés (Trias, roches vertes, prasinites et calcschistes de Locana) se trouve pincée en bande synclinale de direction SW-NE dans ces « gneiss minuti » ;

3. micaschistes supérieurs constituant la partie orientale du massif de Sesia-Lanzo et comportant : à la base (*a*), des micaschistes à séricite, chlorite et albite; au sommet (*b*), des micaschistes à glaucophane, épidote, zoïsite et grenat.

Les « gneiss minuti » de la partie occidentale du massif de Sesia-Lanzo (2) sont d'anciens micaschistes inférieurs, où la rétromorphose se traduit par la recristallisation du quartz, la néoformation de chlorite et de séricite, alors que la biotite résiduelle est partiellement décolorée ou chloritisée. L'apport sodique s'y traduit par la présence en quantité importante d'albite secondaire (AnO) sous forme de xénoblastes. Ces micaschistes inférieurs rétromorphosés et albitisés sont donc en tous points identiques à ceux qui constituent l'auréole du massif du Grand-Paradis et que j'ai décrits précédemment ([1]).

On arrive ensuite à des micaschistes à chlorite et séricite, dépourvus de toute trace de biotite (3). En raison de leur passage progressif avec les micaschistes inférieurs sous-jacents (2), on doit les interpréter comme d'anciens micaschistes supérieurs repris, lors du métamorphisme alpin, dans la zone des micaschistes supérieurs. Ce polymétamorphisme se traduit d'ailleurs par la recristallisation du quartz et par la présence de minéraux résiduels, par exemple le grenat, fortement chloritisé. L'apport sodique y est aussi très important, mais il se présente sous deux faciès fort différents. A la base (3 *a*), on peut noter, entre Sparone et Pont-Canavese, une albitisation présentant les mêmes caractères que dans les micaschistes inférieurs sous-jacents. Au sommet (3 *b*), à l'Est de Pont-Canavese, l'apport sodique se traduit non par une albitisation mais par une intense glaucophanisation : la glaucophane de néo-formation se présente sous forme de xénoblastes qui incluent pœcilitiquement tous les autres minéraux de la roche et l'on peut observer que cette glaucophane se développe fréquemment à la périphérie d'anciennes actinotes auxquelles elle passe progressivement. L'existence de ces deux faciès de métasomatose peut s'expliquer par une différence dans la composition originelle des roches métamorphisées : à la base, une série de micaschistes phyllitenses qui ont été albitisés, et au sommet, une série de micaschistes amphiboliques qui ont donné les faciès à glaucophane.

En conclusion, compte tenu des observations précédentes, la série du massif de Sesia-Lanzo doit être considérée comme la *couverture normale d'ectinites* du massif migmatitique du Grand-Paradis. On peut donc parler d'une série cristallophyllienne « Grand-Paradis-Sesia-Lanzo » formant une unité géologique homogène, à rapporter au vieux socle des Alpes. Cette série, qui comportait primitivement de bas en haut : granite d'anatexie, embréchites œillées, micaschistes inférieurs et micaschistes supérieurs, a été modifiée dans son ensemble par un métamorphisme d'âge alpin accompagné d'une intense métasomatose sodique.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les premiers résultats d'une mission géographique dans le Nord-Ouest du Groenland (district de Thulé) 1950-1951*. Note de M. **Jean Malaurie**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Il doit être distingué dans le type périglaciaire une variété sèche. En raison de cette différenciation, certaines réserves doivent être faites sur le rôle important généralement attribué au gel dans le périglaciaire actuel et fossile. Une interprétation paléo-climatique paraît seule devoir permettre une étude satisfaisante du modelé de la terre d'Inglefield.

Au cours de notre dernière mission géographique dans le Nord-Ouest du Groenland (août 1950-juillet 1951), nous avons procédé à une étude géomorphologique des deux rives canadiennes et groenlandaises du Bassin de Kane (78-80°). Notre travail a essentiellement porté sur le plateau de la Terre d'Inglefield, la côte Sud de la Terre de Washington (Fjord Cass inclus), en Terre de Grinnell, sur la baie de Buchanan et la péninsule de Bache. Un lever complet du quaternaire côtier de la station eskimo d'Etah au Cap Jakson (80°) a été effectué. La carte littorale de Kakaitsut (du Cap Scott; au Cap Agassiz) a été, en outre, considérablement rectifiée à partir du lever précédent du Docteur Lauge Koch (1932).

La Terre d'Inglefield se présente, on le sait ([1]), comme un large plateau gneissique de 300-400 m d'altitude en pente douce vers le Nord-Nord-Ouest. Il est localement recouvert de formations sédimentaires à l'Ouest. Les accidents y sont peu sensibles.

Il paraît évident que la surface d'érosion algonkienne qui constitue la plus grande part de la Terre d'Inglefield a été débarrassée par l'érosion des sédiments algonkiens (formation de Thulé) et cambriens qui la recouvraient.

Son aspect a été peu modifié et cette observation mérite d'être soulignée, *depuis sa mise à nu*, en raison d'une part, d'une action glaciaire réduite; le glacier de type inlandsis n'a érodé que dans les secteurs de relief différencié (vallées, etc.). Des études de détail, d'autre part, ont indiqué, en diverses stations, que le ruissellement, la fragmentation mécanique (mesures de pourcentage de blocs éclatés) ([2]) sont particulièrement faibles. Les phénomènes cryopédologiques, si caractéristiques en d'autres régions périglaciaires, n'atteignent, en l'absence de sol, à cette latitude et sous ce climat sec, qu'un médiocre développement. Nous sommes ainsi conduits à distinguer, dans le type périglaciaire, des variétés *humides et sèches*.

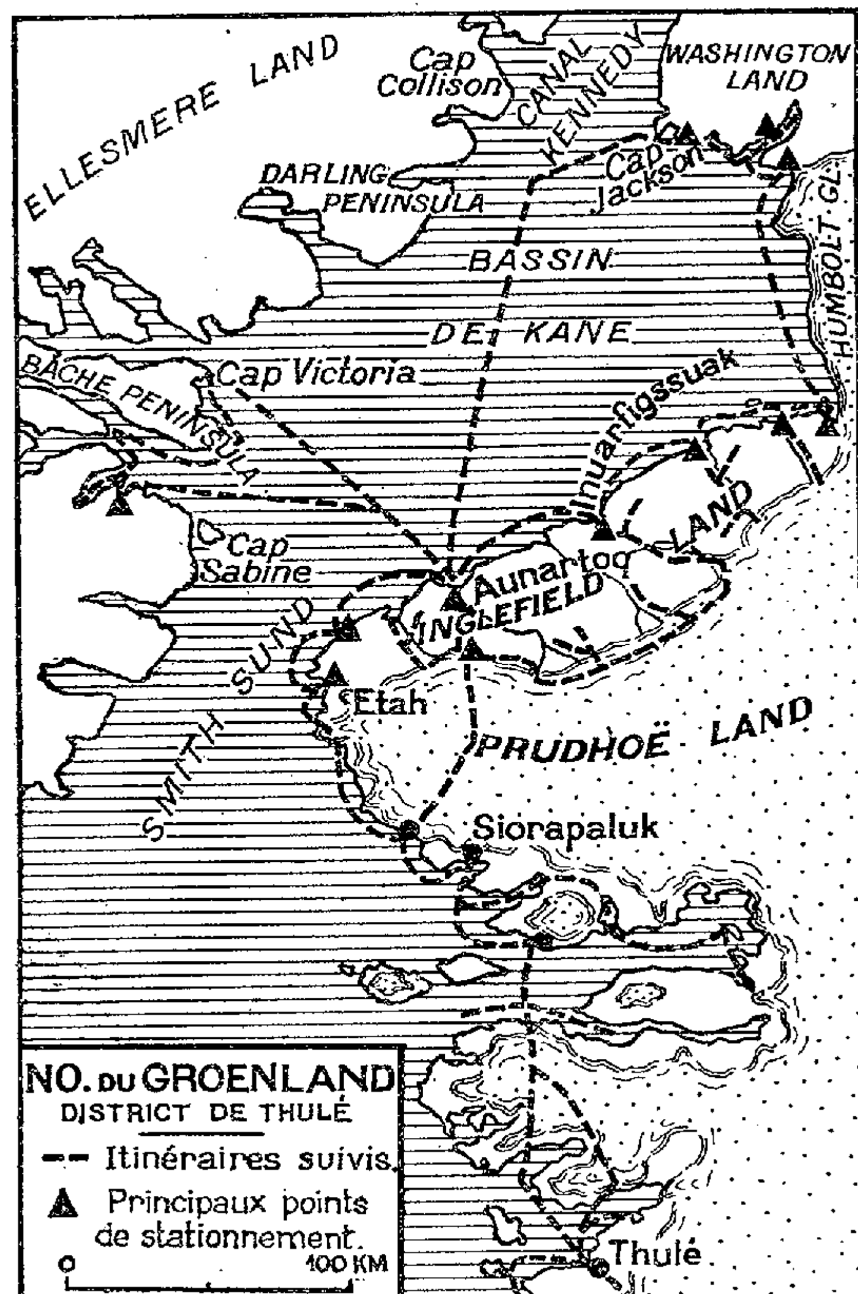
En Terres d'Inglefield et Grinnell, la vigueur du relief actuel de rajeu-

---

([1]) L. Koch *The geology of Inglefield Land*, Meddeclelser om Gronland Bd. 73, n° 2, 1933.

([2]) J. Malaurie, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2307.

nissement, la densité hydrographique, la grossièreté des alluvions, sont inexplicables dans les conditions climatiques actuelles. Le soulèvement isostatique récent, si important fut-il (plage soulevée de 180-200 m) n'a même pas permis, en effet, de faire disparaître les formes côtières de



remblaiement quaternaire. Une interprétation paléoclimatique paraît, seule, devoir permettre une étude satisfaisante du modelé. Par l'étude morphologique, on rejoint de la sorte, pour le Nord-Ouest du Groenland, l'hypothèse d'un climat ancien plus doux et plus humide inter ou post-glaciaire.

Une étude altimétrique comparée des plages soulevées, étagées de la côte d'Inglefield Land et de Grinnell Land (Bache Peninsule, Buchanan Bay) a permis les premières observations suivantes :

1° Les niveaux groenlandais se situent, en première analyse, à des altitudes supérieures (+ 230 m) à celles des niveaux de Grinnell Land étudiés (150 m);

2° L'érosion régressive en Terre d'Inglefield s'exerce à partir d'un niveau de base voisin de + 100 m (Etah, Tasek, Aunartoq, Rensselærbugt, etc.).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Densité linéaire des volcans sur l'arc volcanique et courbure de cet arc.* Note de M. **Mathias Matschinski**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Partant d'observations antérieures l'auteur établit une dépendance (de caractère statistique) entre la courbure d'un arc volcanique et la densité linéaire [*voir* (1)]. Il déduit, pour la partie principale de cette corrélation, une formule approximative très simple (2) montrant que la loi géographique trouvée (*fig.* 1) peut être considérée comme un corollaire de sa théorie générale de l'écorce terrestre.

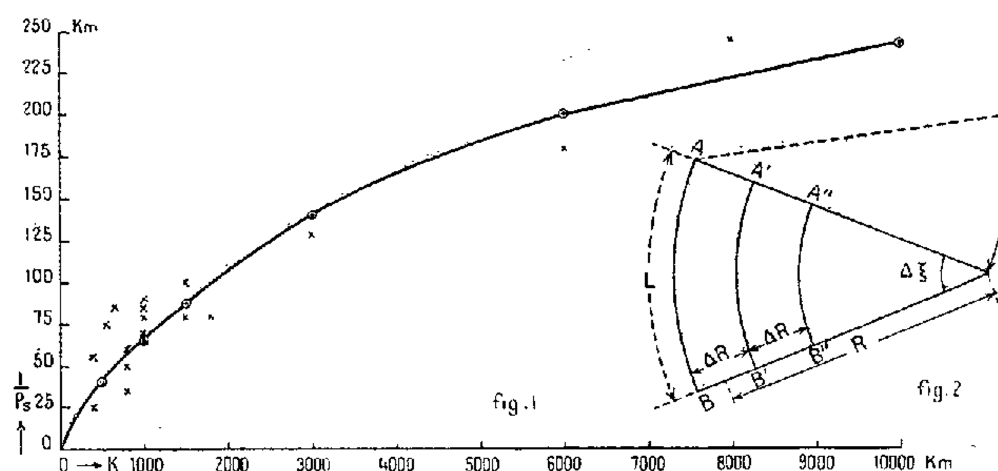
1. Certains auteurs (¹) (von Tillo, Schneider, Sapper, etc.) ont essayé de trouver des lois sur la distribution géographique des volcans. Je tente ici d'aller un peu plus loin dans cette voie. Dans une Note précédente (²) j'ai déjà indiqué que, outre les autres grandeurs caractéristiques (densité linéaire de Sapper, fréquence des éruptions, quantité de matière émise, etc.), il est très important d'introduire un nombre caractérisant cette série des volcans par sa déviation de la ligne droite. Un tel nombre peut être déterminé à l'aide de méthodes très différentes; l'introduction d'un rayon « cartographique » se présente comme la méthode la plus simple, parce qu'il est très facile de l'obtenir par des mesures directes sur les cartes géographiques (à condition, toutefois, qu'on prenne en considération, le cas échéant, les défigurations provoquées par telle ou telle projection géographique; cependant pour les arcs volcaniques peu longs mesurés p. e. sur les projections polyconiques on trouve directement les données cherchées). Pour plusieurs de ces arcs j'ai mesuré leur courbure (rayon « cartographique »). Le tableau des résultats et le détail sur la méthode de mesure sont donnés dans un autre article.

2. Portons en abscisses les valeurs réciproques de la densité linéaire (ρ_s) de Sapper (distances moyennes) et en ordonnées les rayons « cartographiques »; le tableau ainsi obtenu (où chaque arc est représenté par un point) montre, déjà à première vue, que les deux grandeurs ne sont pas indépendantes. En fait, le calcul du coefficient de corrélation donne une valeur de 0,9, indiquant une dépendance corrélative très marquée entre les deux grandeurs. Ce résultat n'est pas fortuit. Les 17 points du graphique correspondent aux 17 arcs volcaniques, représentant les 26 séries de Sapper (car certains couples des séries de Sapper peuvent être considérés comme un seul arc), qui, à leur tour, correspondent aux 239 volcans actifs (sur environ 500 sur la Terre) et à plus de 600 volcans éteints voisins. En construisant les arcs on a compté, il est vrai,

(¹) Von Tillo, *Comptes rendus*, 123, 1892, p. 967; Schneider, *Die vulkanischen Erscheinungen der Erde,* 1911, Berlin; Sapper, *Vulkankunde,* 1927, Stuttgart.

(²) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 669; *Rev. géomorph. dyn.*, n° 5, 1951, p. 205; *ibid.*, n° 4, 1951, p. 157; *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 492; *ibid.*, 230, 1950, p. 1882; *Cahiers géol. de Thoiry*, n° 7, 1951, p. 59; *ibid.*, n° 9, 1951, p. 83.

principalement les volcans actifs; néanmoins les volcans éteints, situés à proximité des actifs, ont été également pris en considération, comme donnée subsidiaire. Le tableau de l'article cité contient des données plus détaillées sur 14 arcs volcaniques qui font partie de l' « anneau de feu » de l'Océan Pacifique. Ici, en plus de ces données, on introduit dans la figure 1 des données sur trois autres arcs : Sud-Islandais, Sud-Italien et des Petites Antilles. C'est pourquoi les résultats de la figure peuvent être considérés comme représentant le Globe en entier.



3. Pourtant, contrairement à la loi liant les altitudes des continents et leurs superficies ([2]) qui est d'espèce physique presque univoque, la dépendance de la figure 1 est comme nous l'avons déjà dit, un exemple typique de dépendance corrélative. C'est-à-dire, qu'aucun des deux phénomènes portés sur la figure 1 n'est déterminé seulement par l'autre phénomène, mais chacun est soumis à l'influence d'autres phénomènes de caractère autant général qu'aléatoire. Toutefois, comme le montre la valeur du coefficient de corrélation, l'influence essentielle sur chacun de ces deux phénomènes vient notamment du deuxième; or, tous les autres phénomènes n'ont qu'une influence secondaire, n'altérant que l'exactitude de la manifestation de la loi et donnant une certaine dispersion des points sur la figure 1. Avec toutes ces remarques les résultats géographiques réunis sur la figure 1 peuvent être formulés comme il suit (1) : *les séries volcaniques d'une plus grande courbure (d'un plus petit rayon « cartographique ») ont en moyenne plus de volcans sur l'unité de longueur de la « chaîne »*. La cause déterminant en moyenne la corrélation étudiée, peut être exprimée à l'aide d'une formule.

4. Une éruption (soit écoulement de lave, soit projection de matière analogue à une explosion) ne peut être provoquée [*voir* les notes citées ([2])] que par une certaine surpression ou, en termes généraux, par une certaine surcharge (p_s) dans un lieu donné de l'écorce terrestre (« lieu » qui peut occuper une région de quelques centaines de kilomètres), ce qui peut être approximativement décrit par $p_s =$ const. ρ_s. On peut considérer cette surpression (cette surcharge) comme composée de deux parties : $p(\mathrm{R})$ dépendant de la courbure de l'arc volcanique examiné et f dépendant encore des causes les

plus différentes (pour le détail *voir* l'article précité), mais *ne* dépendant pas de R, dont l'influence est examinée ici : $p = p(R) + f$. Enfin, $p(R)$ comme on le voit sur la figure 2, est provoqué, en première approximation, par l'excédent de la compression de la masse AA'B'B par rapport à la compression de la masse A'A''B''B'; c'est pourquoi

$$p(R) \cong \text{const.}\,[R\Delta R\,\Delta\xi - (R - \Delta R)\,\Delta R\,\Delta\xi] \cong \text{const.}\,(\Delta R)^2\,\frac{\Delta L}{R}.$$

De tout cela il découle en définitive que

$$\frac{1}{\rho_s} = \frac{CR}{F + R}, \tag{2}$$

où C et F sont des constantes qui peuvent être calculées avec précision par les méthodes les plus différentes, par exemple par la méthode des moindres carrés, etc. Mais déjà les chiffres ronds : $C = 350$ et $F = 4500$ (ce cas est représenté par la ligne continue sur la figure 1) donnent une bonne coïncidence de la courbe théorique (2) avec les données géographiques — les points sur la même figure.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur la direction du champ magnétique terrestre, retrouvée sur des parois de fours des époques punique et romaine, à Carthage.* Note de M. **Émile Thellier** et M[me] **Odette Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

Pour la première fois, des parois de fours sont utilisées pour la recherche du champ magnétique fossile. La précision des résultats obtenus est remarquable. Valeurs de la déclinaison et de l'inclinaison magnétiques à Carthage, en 146 avant J.-C. et vers 300 après J.-C.

Les propriétés de l'aimantation thermorémanente des terres cuites sont bien connues ([1]), ([2]), ([3]), ainsi que la possibilité qu'elles offrent de retrouver le champ magnétique terrestre ancien ([1]), ([4]). Dans cette recherche, les parois de fours (fours céramiques, fours à chaux ou foyers de thermes, etc.) offrent sur les terres cuites défournées (tuiles, briques ou poteries), l'avantage d'être demeurées en place, ce qui permet de retrouver complètement la direction du champ : son inclinaison, mais aussi sa *déclinaison*, à l'époque de la dernière chauffe.

Nous n'avions jamais eu l'occasion d'utiliser de tels objets, lorsque

---

([1]) E. Thellier, *Ann. Inst. Phys. du Globe*, Paris, **16**, 1938, p. 157-302.

([2]) L. Néel, *Ann. de Géophys.*, **5**, 1949, p. 99-136.

([3]) E. Thellier, *J. de Physique*, **12**, 1951, p. 205-218.

([4]) E. Thellier et M[me] O. Thellier, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 382, et **222**, 1946, p. 905.

P. Cintas nous invita à étudier des fours de potiers situés sur des terrains fouillés par lui, à Carthage : deux fours puniques dans le quartier de Dermech et un four romain sur l'emplacement du sanctuaire de Tanit ([5]). D'après P. Gauckler qui les découvrit ([6]), les deux premiers appartiendraient à un même atelier détruit en pleine activité par l'invasion romaine (l'un des fours contenait des poteries non défournées); la dernière chauffe serait ainsi de 146 avant J.-C. D'après P. Cintas qui l'a découvert récemment, et G. Picard ([7]), le four romain serait un peu antérieur à 300 après J.-C.

En des points variés des parois bien en place de ces trois fours, nous avons prélevé un certain nombre de fragments, en repérant avec soin leur orientation, suivant un procédé que nous avons indiqué ([8]). La direction du moment magnétique de chaque échantillon ayant ensuite été déterminée au laboratoire, nous avons obtenu les valeurs individuelles suivantes, D et I, pour la déclinaison et l'inclinaison de l'aimantation rémanente, valeurs qui représentent la déclinaison et l'inclinaison du champ terrestre aux époques d'abandon des fours.

Four punique 1.		Four punique 2.		Four romain.	
D.	I.	D.	I.	D.	I.
1° 15 E	57° 15	1° 30 W	58° 30	0° 30 W	50° 45
0 15 E	57 30	2 15 W	57 30	2 15 W	50 30
0 45 E	57 45	2 45 W	59 30	3 45 W	49 45
0 0	57 0	0 15 E	57 15	2 15 W	50 15
1 15 W	59 0			1 45 E	51 15
				0 15 W	52 0
				0 15 W	50 30
				1 15 W	51 0
				1 30 W	51 45

Plusieurs causes d'erreurs interviennent pour disperser les valeurs D ou I obtenues pour les divers échantillons d'un même four : faibles déplacements subis par les parois depuis l'abandon du four, défauts géométriques du moulage du trièdre de plâtre, erreur sur le tracé de la direction repère, erreurs sur la mesure des composantes des moments magnétiques, effet du champ terrestre actuel; il est remarquable que la dispersion résultante soit aussi faible. S'aidant d'essais que nous avons faits sur la stabilité des aimantations rémanentes et tenant compte de ce que les échantillons, hétérogènes, sont magnétiquement très différents, on peut montrer qu'il n'y a pas à craindre d'erreur systématique. Aussi, pouvons-nous affirmer que le champ magnétique terrestre

---

([5]) P. Cintas, *Publications de l'Institut des Hautes-Études de Tunis*, I et III.
([6]) P. Gauckler, *Nécropoles puniques de Carthage*, 1915, Picard, Paris.
([7]) Communication orale.
([8]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 743.

avait, à Carthage, en -146 et vers $+300$, les directions suivantes :

-146..............	$D = 0°30$ W	$I = 58°0$ boréale
$+300$..............	$D = 1°15$ W	$I = 51°0$ boréale

L'erreur sur ces valeurs nous paraît inférieure au degré. Ainsi, l'étude des parois de fours, inaugurée sur les champs de fouilles tunisiens, vient de donner au géomagnétisme fossile des possibilités vraiment nouvelles du point de vue de la précision.

PRÉHISTOIRE. — *La place de l'os dans l'outillage du paléolithique inférieur de Fontéchevade.* Note de Mlle **Germaine Henri-Martin**, présentée par M. Louis Fage.

L'utilisation de l'os à Fontéchevade, déjà signalée par nous dans les couches du Tayacien supérieur de ce gisement ([1]), a pris un grand développement dans le niveau de base, qui présente, rappelons-le, des caractères Clactoniens très nets. Il est intéressant de noter que cette abondance de matériel osseux travaillé s'accompagne d'une raréfaction de l'industrie lithique, observation déjà faite à Chou-Kou-Tien, par l'Abbé Breuil, dans la couche inférieure ([2]).

La distribution des outils est irrégulière, mais en certains points du gisement, ils forment de véritables agglomérations. Sauf quelques pièces isolées, à caractères aberrants, on peut classer cette industrie osseuse en cinq groupes, formant des séries très homogènes. Nous avions dressé des pourcentages par espèce animale, depuis le commencement de nos recherches à Fontéchevade, dans le but d'en tirer des conclusions climatiques, mais nous savons maintenant qu'un choix a été opéré et peut être décelé surtout dans la partie inférieure de la couche, en vue de la fabrication de cet outillage. Malgré l'extrême variété de la faune recueillie, l'homme Tayacien a retenu spécialement certains éléments du squelette, presque à l'exclusion de tous les autres, à savoir : les crânes de Cervidés (*Cervus elaphus*), les humérus et les tibias de Bovidés (*Bos primigenius*), que nous allons présenter.

1. La série la plus remarquable et aussi la plus nombreuse dans notre industrie osseuse est constituée par 25 massacres, ou os frontaux de Cervidés, entiers et 59 massacres séparés en deux par rupture accidentelle de la suture sagittale. Ces massacres, que l'Abbé Breuil ([3]) a bien voulu examiner, ont été comparés par lui à ceux de Chou-Kou-Tien, du Castillo

([1]) *Bull. Soc. préhist. franç.*, nos 9-10, 1949.
([2]) *L'Anthropologie*, 45, 1935, nos 5-6.
([3]) *L'Anthropologie*, 42, 1932, p. 1-17.

et d'Achenheim (⁴). On observe sur tous, au-dessus de la meule, à l'embranchement de l'andouiller d'œil, un martellement qui a supprimé celui-ci, le merrain a été sectionné à 7 cm environ de la meule, par taraudage circulaire du bois et fracture brutale en un point assez constant. Les andouillers ont été vidés intérieurement de leur substance spongieuse et montrent à leur surface des traces d'usure. Les bords de la cavité crânienne ont été régularisés et, en certains points, polis par l'usage.

2. *Les bois de mue* sont au nombre de 48, dont la préparation se rapproche de celle des massacres, mais présente cependant quelques différences. Ici, l'andouiller d'œil a été conservé et le merrain n'a été sectionné qu'à plus de 10 cm au-dessus de la meule. Ces bois ont été vidés de leur substance spongieuse, ils portent des traces d'usure à leur surface, si bien que les aspérités normales ont par endroits complètement disparu.

3. On peut rattacher à cette série dix fragments de bois, sectionnés au niveau de leur pédicule, par martellement et entailles profondes, l'andouiller antérieur seul est conservé sur une longueur de 10 cm; il a été évidé, offrant comme les autres, un trou de logement. La surface en est usée.

4. Les humérus de Bovidés utilisés sont au nombre de 22, dont 18 offrent les mêmes caractères de façonnage. La partie supérieure a été sectionnée en biseau, juste au-dessus du tubercule deltoïdien. Sur la partie opposée à la poulie articulaire, on observe un abattage de l'épicondyle et de l'épitrochlée. Cette dernière préparation avait été observée aussi dans le Moustérien de la Quina, mais elle ne répondait sans doute pas au même but utilitaire, car à la Quina, l'extrémité inférieure de l'humérus était sectionnée dans la zone de la fossette coronoïde, tandis qu'à Fontéchevade la plus grande partie de la diaphyse est toujours conservée. Les humérus montrent des usures localisées en certains points, tout particulièrement à l'extrémité de la diaphyse et de nombreuses traces de coupures.

5. 17 *tibias de Bovidés* dont la préparation est toujours semblable, présentent une ligne de fracture oblique dans la partie proximale, allant de la base de la crête du tibia à la région médiane. La partie distale ainsi utilisée a été retouchée sur la diaphyse par retaille en escalier, de façon à obtenir une pointe et les signes d'usage sont très marqués.

Parmi les pièces aberrantes, citons : un humérus fendu suivant une coupe longitudinale dans le sens antéropostérieur traversant la région de la fossette synoviale, la partie distale, seule conservée, a été appointée; une extrémité inférieure d'humérus sectionné par entailles circulaires dans la partie intéressant la fossette coronoïde, présente un trou de logement; un métatarsien de Bos portant des traces de polissage; enfin, de

(⁴) P. WERMERT, *An. del cuerpo fac. de Archiveros*, 1934-1936.

nombreux fragments de diaphyses ont été conservés, mais leur emploi comme outils ne peut être démontré avec certitude.

Ces observations ont été faites au cours d'une série de décapages, exécutés lors de notre dernière campagne de fouilles (1951), dans la couche Clactonienne. Jusqu'ici un quart seulement de cette couche a été exploré à l'entrée de la grotte et dans un diverticule qui s'en détache vers l'aval. La faune qui présente toujours dans cet horizon des caractères tempérés-chauds, reste très variée, et notre outillage sélectionné en constitue le tiers.

Peu nombreux sont encore les gisements du Paléolithique ancien, soit de plein air, soit en grotte, ayant fourni de l'industrie osseuse; Fontéchevade vient s'ajouter à cette liste apportant une preuve de plus de l'emploi de l'os à cette époque reculée.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une forme particulière de décarboxylation biologique. Présence d'un catalyseur de décarboxylation thermostable chez* Saccharomyces cerevisiæ. Note de Mme **Geneviève Brunel-Capelle**, présentée par M. Raoul Combes.

A côté de la carboxylase thermolabile de C. Neuberg, la levure de bière renferme un catalyseur de décarboxylation thermostable capable de provoquer la transformation de l'acide mésoxalique en acide glyoxylique.

Depuis la découverte par Neuberg et Karczag dans la levure de bière d'un enzyme responsable de la décarboxylation de l'acide pyruvique, les travaux essentiels de Krebs, de Wood et de Werkmann, de Vennesland ont permis de dégager toute l'importance du rôle des α- et β-carboxylases dans les processus du métabolisme. La carboxylase de Neuberg s'attaque d'une façon générale aux acides possédant dans leur molécule un groupe carbonyle en position α. Tous les α-cétoacides ne sont pas également décarboxylés et Wetzel (1) a montré, en particulier, que l'acide mésoxalique n'était pas redevable de la carboxylase.

Nos recherches sur le métabolisme de l'acide glyoxylique chez les êtres vivants (2) et les résultats obtenus par Brunel (3) sur l'utilisation de l'acide uroxanique par le *Sterigmatocystis nigra* nous ont amenée à reprendre le problème de la décarboxylation de l'acide mésoxalique chez les végétaux et indirectement celui de sa caractérisation.

Nous avons fait agir sur le mésoxalate de sodium et sur l'acide mésoxalique en solutions aqueuses M/500, au thermostat à 38°, la levure vivante et diverses

(1) *Planta*, 15, 1932, p. 697.
(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1979 et 2224.
(3) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 21, 1939, p. 388.

préparations de levure. Les résultats obtenus, exprimés en pour-cent de substrat décarboxylé, sont consignés dans le tableau ci-après.

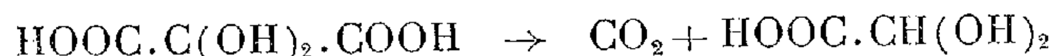
La levure vivante ne décarboxyle que faiblement l'acide mésoxalique et son sel. Les préparations de levure se comportent très différemment : le mésoxalate est à peine attaqué, l'acide mésolaxique conduit à des pourcentages de transformation élevés variables avec la nature de la préparation.

Afin de localiser le catalyseur, nous avons étudié comparativement les propriétés décarboxylantes des fractions soluble et insoluble provenant de la levure haute tuée par ébullition ou par autolyse. Les résultats obtenus en opérant dans les mêmes conditions que précédemment figurent dans le tableau ci-dessous.

	Mésoxalate de sodium.		Acide mésoxalique.	
Levure vivante et préparations de levure.	2 h 30.	24 h.	2 h 30.	24 h.
Levure haute vivante	0	0,7	0	2,2
» » toluénée	1,6	5,6	3,4	14,9
» » sèche	0,6	4,8	4,7	23,4
» » tuée par ébullition	0,9	2,8	9,2	47,5
Levure basse vivante	0,3	1,8	2,2	8,9
» » toluénée	0,9	4,2	3,7	22,5
» » sèche	1,4	5,3	5,1	23,0
» » tuée par ébullition	0,9	2,0	8,6	36,8
Levure tuée par ébullition :				
Fraction soluble	0,6	0,8	0,2	1,2
» insoluble	0,5	1,1	15,5	74,3
Levure tuée par autolyse :				
Fraction soluble	3,1	3,6	2.2	5,8
» insoluble	0,4	1,9	7,3	32,7

On constate que le catalyseur se localise principalement dans les fractions insolubles qui possèdent la propriété de décarboxyler l'acide mésoxalique à l'exclusion de son sel de sodium.

La levure de bière renferme donc un catalyseur biochimique, endocellulaire et thermostable, qui transforme l'acide mésoxalique en acide glyoxylique



$$HOOC.C(OH)_2.COOH \rightarrow CO_2 + HOOC.CH(OH)_2$$

et que l'on ne peut identifier à la carboxylase de Neuberg.

Ce catalyseur existe chez les Champignons : *Schizophyllum commune, Lycoperdon perlatum, Pluteus cervinus;* chez les Muscinées : capsules et plante feuillée de *Mnium hornum* L. capsules de *Bryum capillare* L.; chez les Phanérogames : germinations de *Pisum sativum,* graines de *Lathyrus Aphaca, Lupinus albus, Medicago Lupulina, Medicago polycarpa, Pisum arvense, Vicia Faba, Vicia sativa, Soja hispida, Peltophorum ferrugineum, Tephrosia purpurea, Enterolobium cyclocarpum, Psophocarpus tetragonolobus, Cæsalpinia minax, Cajanus indicus, Canavalia ensiformis.*

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du carbonate de calcium sur la nutrition minérale de* Lupinus albus *L.* Note de M. **Pierre Gouny** et Mlle **Rosette Mazoyer**, présentée par M. Albert Demolon.

On admet actuellement que la chlorose calcaire n'est pas une simple déficience nutritive en fer ([1]) et qu'elle est liée à des troubles plus complexes dans le métabolisme de la plante. Cependant aucune conclusion n'a pu être encore tirée quant à la nature des processus physiologiques engendrant la maladie.

Nous avons étudié les modifications intervenant dans la composition minérale d'une plante très sensible à la chlorose, *Lupinus albus* L., lorsque ses racines sont au contact du calcaire.

La difficulté essentielle provient du fait qu'il est difficile de disposer d'échantillons verts et d'échantillons chlorotiques dont les conditions d'alimentation minérale aient été similaires, abstraction faite de la présence du carbonate de calcium.

Aussi convient-il de cultiver les végétaux étudiés dans des milieux synthétiques où les plantes vertes et les plantes chlorotiques disposent des mêmes quantités d'éléments minéraux sous une forme immédiatement utilisable par la plante. Certains auteurs ont employé à cet effet la technique de culture sur sable avec solutions non renouvelées. Ils étaient ainsi conduits à utiliser des concentrations salines relativement élevées, et la plante se trouvait alors placée dans des conditions de milieu trop éloignées des conditions naturelles.

Nous avons utilisé dans nos essais le système de culture sur sable en solution coulante décrit dans une précédente Communication ([2]). Le Lupin blanc a été cultivé dans des pots renfermant de 0 à 20 % de carbonate de calcium. La solution nutritive renfermait toutes les substances minérales nécessaires à la croissance de la plante à des concentrations voisines de celles des solutions du sol. L'absence de bactéries fixatrices d'azote sur les racines a été vérifiée et l'alimentation azotée était réalisée exclusivement sous forme nitrique. La nutrition phosphatée était assurée de façon très large. On évite ainsi une réduction de la teneur en phophore des plantes en présence de carbonate de calcium du seul fait de l'insolubilisation de l'acide phosphorique dans le milieu ([2]).

Lorsque le vase de culture renfermait 1 % de carbonate de calcium, la perte de la pigmentation chlorophyllienne du Lupin était encore peu marquée. Mais la chlorose prenait un caractère de gravité manifeste dès que la quantité de carbonate de calcium atteignait 2,5 %.

L'analyse des plantes récoltées à la floraison a montré chez les plantes

---

([1]) W. S. Iljin, *Jahrbücher für Wissenschaftliche Botanik*, 90, 1942, p. 464.

([2]) *Comptes rendus*. 230, 1950, p. 1966.

malades une augmentation importante du taux de matières minérales. Celui-ci peut atteindre une valeur double de celle observée chez les plantes saines. Cet enrichissement peut, soit être la conséquence d'une absorption accrue d'éléments minéraux par les sujets chlorotiques, soit être le reflet de la synthèse moindre de matière végétale chez ces mêmes sujets, la quantité de matière minérale absorbée par la plante restant la même.

Le tableau ci-dessous donne la composition des parties aériennes des plantes pour 100 parties de cendres. Ces résultats sont obtenus avec une solution nutritive renfermant par litre : 3 mg de K, 40 mg de Ca, 10 mg de Mg, 34 mg de N, 3,6 mg de P_2O_5, 0,7 mg de Fe.

Traitement.	K.	Ca.	Mg.	N.	P_2O_5.	Fe.
Sans CO_3Ca	14,5	23,0	11,2	46,9	12,1	$2,72.10^{-3}$
5 % CO_3Ca	16,8	19,8	8,6	31,8	7,4	1,38 »
20 % CO_3Ca	18,2	19,2	8,3	27,7	5,7	1,20 »

L'examen de ce tableau montre une augmentation sensible de la teneur en potassium et une baisse parallèle de la teneur en cations alcalinoterreux chez les Lupins chlorotiques. D'autre part les teneurs en azote et en acide phosphorique subissent une forte diminution, ce qui témoigne d'une moindre absorption des anions NO_3 et PO_4 par rapport à celle des cations.

Enfin si la quantité de fer totale dosée dans les plantes chlorotiques est largement inférieure à celle observée chez les plantes vertes, elle reste suffisamment élevée pour qu'on ne puisse pas parler de carence.

D'autres essais effectués avec des solutions nutritives plus ou moins riches en K ou en Ca nous ont fourni des observations de même sens.

En conclusion, l'alimentation générale du Lupin en milieu calcaire subit de profondes altérations qui, en plus de la moindre pénétration du fer, se traduisent par un déséquilibre dans l'absorption relative des cations et des anions et, d'autre part, par une modification des rapports cationiques jouant en faveur d'une prédominance de potassium ; un tel déséquilibre a sa répercussion dans le métabolisme général de la plante.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Amaryllidacées. Développement de l'embryon chez l'*Hippeastrum vittatum *Herb.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Du point de vue embryogénique, il n'y a pas de différence entre une Liliacée et une Amaryllidacée. De faibles variations existent, dans l'origine de la coiffe, entre l'*H. vittatum* et le *Muscari comosum* : elles n'ont pas plus d'importance que celles qui ont été enregistrées entre le *Muscari* et les autres Liliacées actuellement étudiées.

Il n'existe pas actuellement de travaux relatifs à la formation de l'embryon chez les Amaryllidacées. C'est ainsi que dans la publication toute récente

de H. Stenar [1] sur les *Phædranassa,* seules sont figurées la dyade et la tétrade embryonnaires.

Johansen [2] considère les *Allium* comme des Amaryllidacées et utilise les observations de R. Souèges [3] sur l'*Allium ursinum* L. pour établir les caractères embryogéniques de la famille. La classification d'Hutchinson [4], sur laquelle il se base, ne s'adresse plus, pour délimiter le groupe, aux critères tirés de la position supère ou infère de l'ovaire, mais, essentiellement, à la forme des inflorescences. C'est une opinion discutable et beaucoup de systématiciens seront certainement d'accord pour continuer à placer les *Allium* parmi les Liliacées. Pour aider à résoudre ces questions de taxinomie, il m'a paru intéressant de déterminer les lois de l'embryogenèse chez une Amaryllidacée bien représentative de la famille, l'*Hippeastrum vittatum* Herb., cultivée dans les serres du Jardin botanique de la Faculté de Pharmacie de Paris.

L'embryon de l'*H. vittatum* appartient au mégarchétype I, dans la première période du système embryogénique : la cellule basale *cb* du proembryon bicellulaire produit le point végétatif de la tige, la partie hypocotylée, les initiales du cylindre central et de l'écorce de la racine, la coiffe et le suspenseur; la cellule apicale, sœur de la cellule basale, donne seulement naissance au cotylédon. La tétrade est en T et comprend, en plus de l'étage apical, originaire de *ca*, une cellule intermédiaire *m* et une cellule inférieure *ci*, provenant toutes deux de la division transversale de *cb* (*fig.* 3). A partir de la cellule *ci* il se constitue, par la suite, deux étages nouveaux *n* et *n'* (*fig.* 4 et 6). La cellule initiale de l'étage *n'* peut se diviser directement en deux nouveaux étages *o* et *p* (*fig.* 5), mais assez souvent, le premier cloisonnement se fait verticalement ou obliquement dans la cellule *n'* (*fig.* 7 et 9) et l'identification des étages *o* et *p* est repoussée à des stades ultérieurs du développement. Il ne m'a pas été donné d'observer des formes régulières à huit et seize cellules, mais les proembryons figurés en 4, 9 et 10 en sont très proches et, dans certains cas, la puissance égale de division des blastomères est assurément conservée jusqu'à la quatrième génération. De même que dans le type, les quadrants sont disposés dans un plan horizontal et il ne se différencie pas d'octants; des cloisons anticlines partagent les quadrants (*fig.* 6 à 10) et les huit nouveaux éléments se trouvent disposés dans un même plan. Dans tous les cas, les initiales de l'écorce de la racine et de la coiffe prennent naissance à partir de l'étage *n*, même quand la première paroi qui délimite l'étage est oblique (*fig.* 11); certaines cellules provenant de l'étage *o* contribuent alors à compléter l'étage *n*, mais seulement dans ses portions latérales (*fig.* 12 et 14). La différenciation du périblème et du plérome, l'organisation du point végétatif et du sommet radiculaire se font de façon plus précoce que chez la plupart des autres Monocotylédones actuellement étudiées (*fig.* 20 et 21).

---

(1) *Bot. Notiser,* Lund, 1951, p. 209.

(2) *Plant Embryology. Embryogeny of the Spermatophyta* (*Chronica bot.,* Waltham, Mass., U. S. A., 1950 p. 250).

(3) *Bull. Soc. bot Fr.,* 79, 1932, p. 662 et *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1344.

(4) R. Souèges, *Embryogénie et Classification* (3e fasc., *partie spéciale : 1re période du système*), Paris, 1948.

Les caractères embryonomiques de l'*H. vittatum* sont tout à fait analogues à ceux de l'*Anthericum ramosum* L. Rapprochent particulièrement les deux espèces certains cloisonnements transversaux des cellules quadrants (*fig.* 5) et la présence d'un suspenseur. Toutefois, l'étage *o* serait générateur des initiales

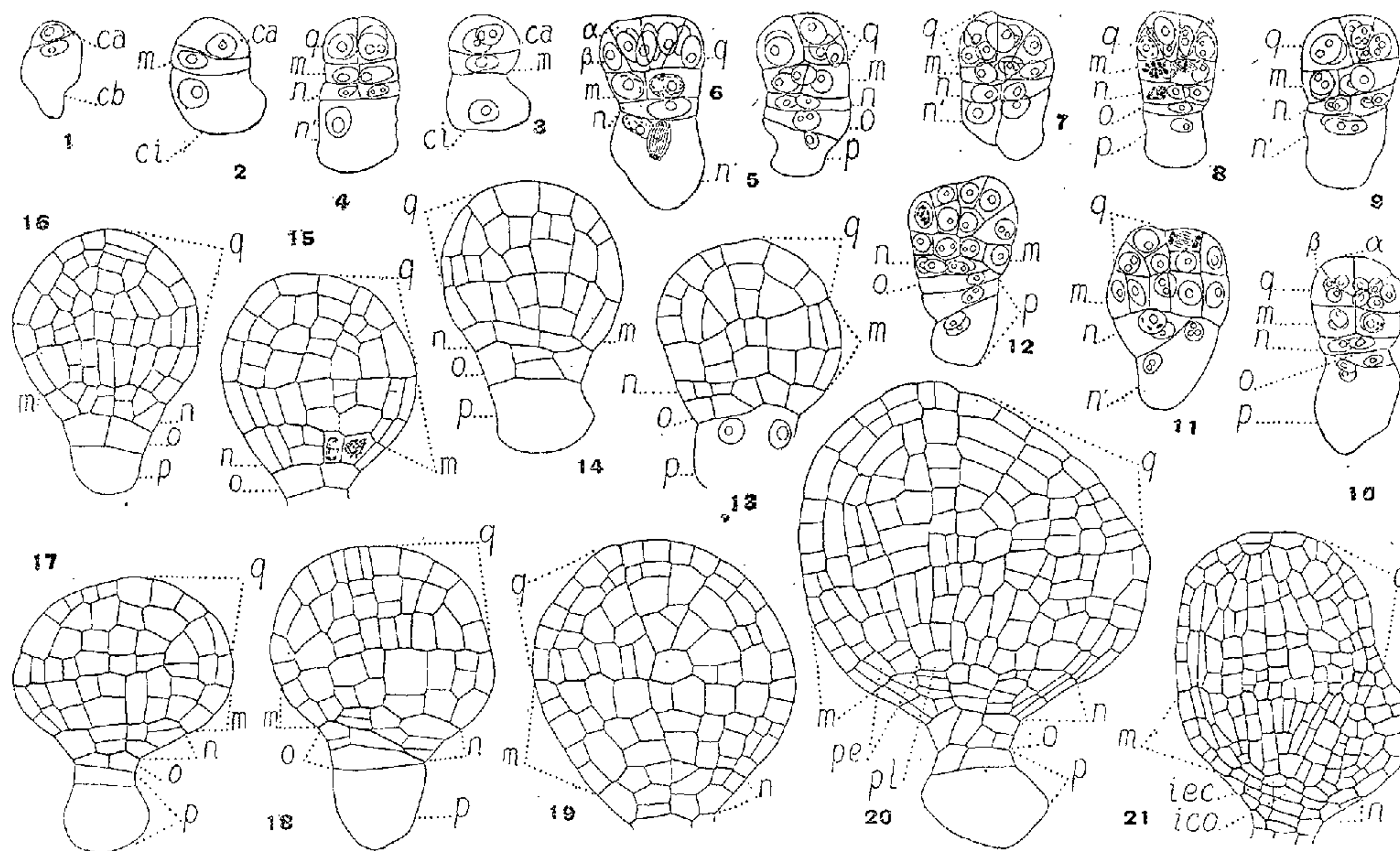


Fig. 1 à 21. — *Hippeastrum vittatum* Herb. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire ou groupes cellulaires qui en dérivent; *m*, cellule-fille supérieure de *cb* ou étage moyen du proembryon; *ci*, cellule-fille inférieure de *cb* ou étage inférieur du proembryon; *q*, quadrants ou cotylédon; α et β, cellules-filles du quadrant; *n* et *n'*, groupes cellulaires produits par *ci*; *o* et *p*, éléments issus de *n'*; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire; *ico*, initiales de la coiffe. G. : 200; 150 pour la figure 21.

de l'écorce de la racine chez les *Anthericum*; c'est l'étage *n* qui joue ce rôle chez les *Hippeastrum*. Chez le *Muscari comosum* L., les destinées des étages sont les mêmes que chez l'*Hippeastrum*; cependant l'étage *o*, chez le *Muscari*, donne naissance à la portion médiane de la coiffe; il intervient seulement, chez l'*Hippeastrum*, dans la construction du suspenseur. Le développement de l'embryon de l'*H. vittatum* est identique à celui de l'*Allium ursinum*, cependant chez l'*Allium*, c'est l'étage *n'* qui contribue tout entier à la construction de la coiffe.

Il est vraisemblable, dans l'état actuel de nos connaissances, que toutes les Liliales répondent à un type identique du développement de l'embryon, c'est-à-dire au type fondamental du *Muscari comosum*. L'embryogenèse conserve, dans ce groupe, des caractères assurément primitifs, et semblables, pendant toute la vie proembryonnaire, à ceux du *Senecio vulgaris* L. On sait, d'autre part, que le type du *Senecio* est abondamment représenté à différents niveaux de la classification des Dicotylédones.

Ces diverses remarques sont de nature à confirmer l'hypothèse de l'origine des Angiospermes à partir d'ancêtres communs, actuellement disparus, les Proangiospermes, dont les formes proembryonnaires du *Senecio* et du *Muscari* seraient les représentants actuels.

CHIMIE AGRICOLE. — *Action de l'humus colloïdal sur la nutrition minérale des végétaux*. Note (*) de MM. **Raymond Chaminade** et **Robert Blanchet**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans le cadre de l'influence de la matière organique sur la nutrition minérale des végétaux, des essais ont été réalisés sur des cultures en solutions minérales additionnées de doses variables de colloïdes humiques.

Technique. — L'expérience a porté sur du seigle cultivé en vases de végétation sur sable arrosé par des solutions nutritives. Ces solutions renfermaient, outre tous les éléments minéraux nécessaires à la plante, y compris les oligo-éléments, des quantités variables d'humus.

Ce dernier était obtenu par traitement d'un terreau de couches à l'aide d'une solution d'oxalate d'ammonium à 3 %. L'acide humique était précipité de cette solution par addition d'acide chlorhydrique, puis recueilli sur filtre et lavé jusqu'à disparition de la réaction de l'ion Cl et début de dispersion.

Dans l'une des séries (essais 1950) il était ajouté à la solution sous forme d'acide humique colloïdal.

Dans l'autre série l'acide humique était neutralisé par l'eau de chaux et ajouté à la solution nutritive sous forme d'humate calcique colloïdal (essais 1951).

A la récolte les plantes ont été échantillonnées et l'on a dosé l'azote, l'acide phosphorique, la potasse, la chaux et la magnésie.

Les tableaux et graphiques suivants résument les résultats obtenus (moyennes de deux répétitions).

Conclusions. — 1° Dans tous les cas et dans deux conditions expérimentales différentes on constate pour les faibles doses d'humus un accroissement de l'absorption d'éléments minéraux par la plante. Cet accroissement porte sur tous les éléments dosés. Il semble donc qu'il soit à rattacher à un phénomène d'ordre général; on peut émettre l'hypothèse d'un accroissement de la perméabilité cellulaire provoqué par la présence dans le milieu de la matière organique colloïdale.

2° Dans ces expériences les rendements des plantes n'ont pas été augmentés par l'apport d'humus. Les fortes doses ont même produit une chute de rendement due à des phénomènes de toxicité.

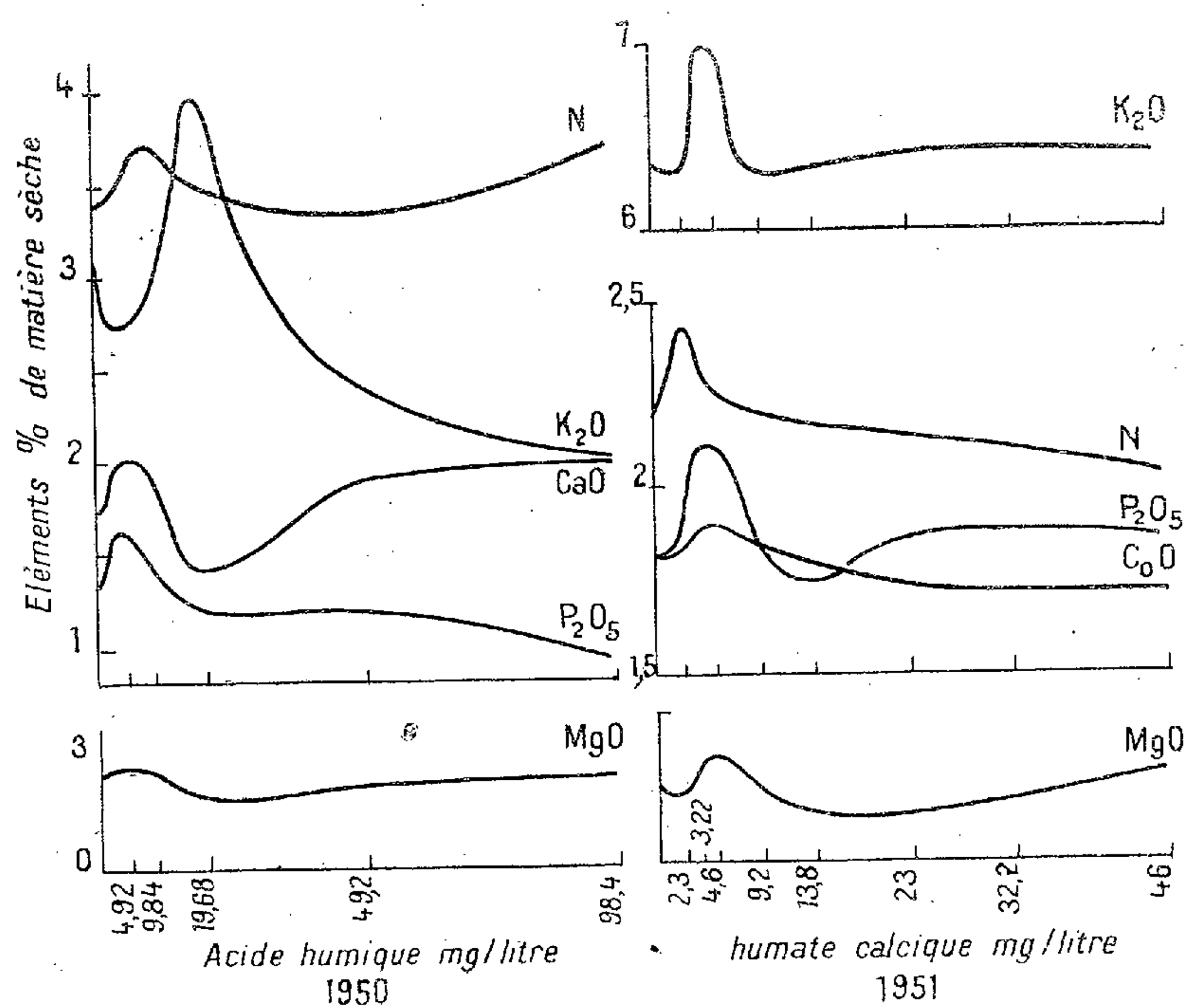
(*) Séance du 26 novembre 1951.

1950.

Doses d'acide humique, par litre de solution nutritive (mmg).	Teneur en éléments % de matière sèche.				
	N.	P_2O_5.	K_2O.	CaO.	MgO.
0	3,38	1,34	3,09	1,74	0,26
4,92	3,49	1,64	2,72	2,0	0,28
9,84	3,73	1,46	2,81	2,0	0,26
19,68	3,49	1,18	3,99	1,39	0,20
49,2	3,32	1,18	2,37	1,93	0,23
98,4	3,69	0,91	1,98	1,89	0,23

1951.

Doses d'humate calcique, par litre de solution nutritive (mmg).	Teneur en éléments % de matière sèche.				
	N.	P_2O_5.	K_2O.	CaO.	MgO.
0	2,18	1,82	6,35	1,81	0,79
2,3	2,36	1,80	6,26	1,85	0,78
3,22	2,44	1,99	6,47	1,80	0,82
4,6	2,27	2,12	6,97	1,90	0,84
9,2	2,20	1,84	6,18	1,81	0,76
13,8	2,17	1,65	6,43	1,82	0,80
23	2,20	1,96	6,48	1,70	0,73
32,2	2,15	1,74	6,25	1,71	0,80
46	2,01	1,86	6,49	1,72	0,82



La non-augmentation des rendements s'explique par le fait que les solutions nutritives étaient de concentration assez élevée pour couvrir les besoins en éléments minéraux des végétaux. Les faibles doses d'humus ont occasionné, dans ces conditions expérimentales, une « consommation de luxe » de tous les éléments.

Des essais ultérieurs préciseront l'influence de l'humus dans des solutions plus diluées se rapprochant de celles que la plante rencontre dans le sol.

PÉDOLOGIE. — *Sur la densité optique des suspensions d'argile.* Note de Mme **Suzanne Mériaux**, présentée par M. Albert Demolon.

Il serait utile de disposer de méthodes permettant de déterminer la concentration d'une suspension en matières solides sans avoir à perturber celle-ci. Une telle technique permettrait en particulier d'effectuer commodément l'analyse granulométrique continue. Pour obtenir ce résultat, nous avons songé à utiliser la mesure de la densité optique des suspensions. Mais pour que l'on puisse considérer une telle méthode comme générale, il fallait démontrer que la densité optique est d'une part en relation simple avec la concentration, d'autre part indépendante de la nature des argiles.

Nous avons utilisé, dans notre travail, des suspensions de kaolinite et de montmorillonite dont les micelles sont constituées par des petites plaquettes hexagonales, et des suspensions d'attapulgite dont les particules sont en forme de bâtonnets. Ce matériel était dispersé dans l'eau distillée pure ou sodique N/100 après destruction des carbonates (diamètre maximum des particules établi par sédimentation 0,9 μ).

1. Les suspensions de ces trois argiles obéissent à la loi de Beer-Lambert : elles n'éprouvent pas de modification par la dilution. En particulier, on obtient le même résultat soit en diluant de moitié, soit en superposant deux cuves d'égales dimensions, l'une contenant la suspension, l'autre de l'eau.

2. La densité optique h mesurée en lumière transmise à l'aide du spectrophotomètre de Jobin et Yvon diminue de façon continue, c'est-à-dire sans traduire d'absorption sélective, quand la longueur d'onde λ augmente, pour une gamme allant de 0,5 à 0,7 μ. Pour une concentration de 2,22 g-l, le coefficient angulaire des droites sensiblement parallèles qui représentent les courbes $\log.h$-$\log\lambda$ pour ces trois argiles est égal à -2; l'équation de ces courbes est donc de la forme $h = A\lambda^{-2}$, A présentant les valeurs suivantes : kaolinite : 6,07, montmorillonite : 6,02, attapulgite : 5,95.

Pour une radiation monochromatique et à concentration égale, la densité optique de la montmorillonite est inférieure à celle de la kaolinite et supérieure à celle de l'attapulgite. La densité optique peut s'exprimer par la relation

$$h = \mathrm{KN}v^2\left[\frac{n^2 - n_0^2}{n^2 + 2n_0^2}\right],$$

N désignant le nombre de particules par unité de volume, v le volume d'une particule, n l'indice du constituant de la particule, n_0 l'indice du liquide intermicellaire K, une constante dépendant de la longueur d'onde utilisée.

La kaolinite et la montmorillonite se présentant sous une forme assez voisine, la différence de leur densité optique est due d'une part à ce que la kaolinite est plus riche en grosses particules que la montmorillonite comme le montre la clarification assez rapide de la suspension, et d'autre part au fait que la montmorillonite s'hydrate en suspension, ce qui détermine une diminution de son indice.

Dans le cas de l'attapulgite, le problème est plus complexe parce qu'il dépend non seulement de la grosseur des bâtonnets, mais aussi de leur position par rapport à la radiation incidente.

Il s'ensuit que la mesure de la densité optique ne peut constituer une méthode générale d'évaluation de la concentration des suspensions d'argile. Elle pourrait tout au plus permettre l'étude comparative de dispersions formées d'un matériel de même nature.

BIOLOGIE. — *Courbes de multiplication du virus de la sensibilité au* CO_2 *chez la Drosophile*. Note de Mme **Nadine Plus**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

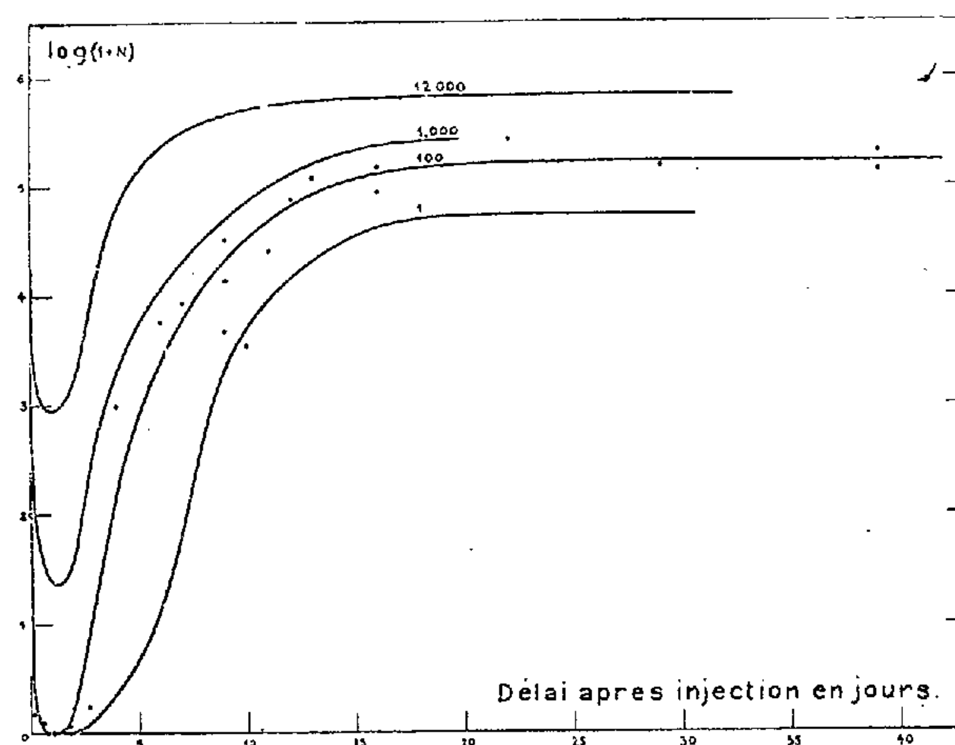
On sait depuis les travaux de L'Héritier et Hugon de Scoeux [1] que la transmission de la sensibilité au CO_2 peut se faire par injection d'un extrait de mouches sensibles dans des mouches résistantes. L'agent responsable de cette sensibilité, particule autocatalytique de très petite taille, appelée génoïde, se comporte donc, à ce point de vue, comme un virus. C'est l'étude quantitative, directe, de cette multiplication des particules infectantes chez l'imago résistante qui a été entreprise.

Technique. — On injecte à des mouches résistantes de génotype Orégon R—C, prises 48 h après l'émergence imaginale, des volumes égaux (1/3 de millimètre cube environ) d'un extrait infectieux de titre connu. Les drosophiles sont remises ensuite à 20°, température normale des élevages. Des échantillons de ces mouches infectées, comprenant de 10 à 100 individus, sont ensuite prélevés à des intervalles de temps variés. Ces mouches sont broyées avec dix fois leur volume de Ringer et le liquide obtenu est centrifugé à 3 000 t : mn pendant 15 mn. Toutes ces opérations sont faites à 0° pour éviter l'inactivation du virus. La teneur en particules infectantes du liquide surnageant est ensuite déterminée par la méthode

(1) *Bull. biol. France-Belgique*, **81**, 1947, p. 70-91.

de dosage décrite par Plus [2], [3]. Elle est fondée sur la relation qui lie le titre de l'extrait injecté au temps moyen mis par les mouches pour développer les symptômes de la sensibilité au CO_2.

Résultats. — J'ai étudié la multiplication du virus dans les quatre cas suivants : inoculation initiale de 1, 100, 1000 et 12 000 unités infectantes. Dans les premières heures qui ont suivi l'infection, les prises d'échantillons ont été fréquentes, puis espacées en moyenne de 2 en 2 jours dans la suite.



Courbes de multiplication du virus de la sensibilité au CO_2.
Les points expérimentaux n'ont été figurés que dans le cas de l'inoculation de 100 unités infectantes.

Les résultats sont consignés sur le graphique. En abscisses sont portés les temps en jours, en ordonnées les logarithmes de (I+N), N étant le rendement d'une mouche en unités infectantes. On voit que le phénomène comporte nettement trois phases, quel que soit le titre de l'inoculum initial.

1° Une phase de diminution rapide du nombre des particules virulentes, diminution qui conduit à une disparition totale pour les inoculats contenant moins de 100 unités.

2° Une augmentation très rapide du rendement qui, en 24 h, atteint le niveau initial, puis le dépasse beaucoup.

3° Une fixation du rendement à une valeur limite qui reste la même jusqu'à la mort de la mouche. Cette valeur varie avec le titre de l'inoculum initial. Alors qu'elle est de 90 000 environ, si l'infection a lieu à partir d'une particule virulente unique, elle atteint 900 000 si la masse d'injection contient 12 000 génoïdes.

([2]) *Exp. cell. research*, **1**, 1950, p. 192-194.
([3]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 192.

Discussion. — Ces courbes de multiplication rappellent celles qui ont été obtenues avec d'autres virus : bactériophage ([4]), influenza ([5]), encéphalomyélite du cheval ([6]). La forme de ces courbe est interprétée suivant le modèle fourni par le bactériophage. La première étape du cycle de multiplication du virus est une pénétration dans les cellules réceptrices, à la suite de laquelle le virus disparaîtrait en tant que particule infectieuse. C'est à ce moment que se produirait sa multiplication intracellulaire, qui est suivie d'une libération brutale de virus actif, libération qui, chez la bactérie infectée par le phage, accompagne le « burst » et, dans la membrane de l'œuf infecté par l'influenza, est suivie d'une lésion des cellules.

Cette même interprétation me paraît valable dans le cas que j'ai étudié, mais, chez la Drosophile sensible, la marche des phénomènes est plus lente, le développement du virus n'incommode pas la mouche, ce qui permet une étude plus complète et plus prolongée. La première phase correspond sans doute à l'absorption par les cellules des génoïdes injectés. Apparemment, cette absorption procède suffisamment lentement pour que, dans le cas des inoculats massifs, elle soit incomplète au moment où commence la libération de nouveaux éléments virulents (deuxième phase). L'existence de la troisième phase (plateau final) peut être interprétée *a priori* de deux façons : ou bien il s'agit d'une récolte unique de virus qui reste actif jusqu'à la mort de la mouche, ou bien un équilibre statistique s'établit entre une production continue et une destruction de particules émises. Il n'y a pas d'argument décisif permettant actuellement de choisir entre ces deux hypothèses. La première me paraît cependant plus vraisemblable. Elle est, en effet, plus conforme aux faits connus chez d'autres virus. D'autre part, elle permet d'expliquer plus aisément les différences de niveau qui s'observent selon l'inoculat initial. En effet si les cellules ne peuvent supporter qu'un seul cycle de multiplication du virus, celui qui est fourni par les premiers récepteurs infectés sera absorbé par les autres et par conséquent perdu pour le rendement final.

BIOMÉTRIE. — *Populations grégaire et solitaire du Criquet marocain* (Dociostaurus maroccanus *Thunb.*) *en France continentale.* Note de M. **Amédée Rambier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le Criquet marocain (*Dociostaurus maroccanus* Thunb.) devient grégaire plus souvent que tout autre, en France continentale, et sous les modalités les plus diverses.

([4]) E. L. Ellis et M. Delbrück, *J. Gen. Physiol.*, 22, 1939, p. 365.

([5]) W. Henle, G. Henle et E. B. Rosenberg, *J. of exp. med.*, 86, 1947, p. 423-427.

([6]) H. Koprowski et E. Lennette, *J. of Bact.*, 48, n° 4, p. 463-472.

La différence entre les individus appartenant aux diverses « phases » se manifeste, non seulement par le comportement, la physiologie et la coloration, mais également par les dimensions des différentes parties du corps et surtout par les rapports de ces grandeurs ou indices morphométriques. Les mensurations permettent de caractériser quantitativement, d'une façon commode, la grégarité d'une population. C'est cette méthode biométrique que nous utilisons pour l'étude des populations naturelles de cet Acridien en France continentale.

Parmi les différentes longueurs utilisables, nous avons choisi celles de l'élytre (E) et du fémur postérieur (F) dont le rapport est le plus caractéristique et le plus souvent utilisé par les auteurs. Pour chaque échantillon de population nous établissons, en coordonnées logarithmiques, le tableau de corrélation pour les deux séries de caractères individuels E et F. Nous obtenons alors, pour chacun des sexes, un nuage de points représentatifs (diagramme de dispersion).

Pratiquement, il est très important de pouvoir, dans une région déterminée, soit d'une façon *statique* indiquer la « *grégarité* » d'une population donnée, soit d'une manière plus intéressante, sous l'aspect *dynamique* et, d'après les mensurations obtenues avec les individus de générations successives, conclure à une *variation de* « *phase* » dans un sens ou dans l'autre et prévoir une « invasion » ou annoncer une « dissociation ». Mais pour cela, il faut connaître les valeurs extrêmes de la variation de « phase » dans la région étudiée. C'est à cette détermination que nous nous sommes d'abord attaché.

Nous donnons ici les représentations graphiques obtenues avec les deux populations de comportements les plus opposés que nous ayons rencontrées dans une même région, en France continentale, au cours de ces dernières années où d'importantes pullulations de grégaires ont eu lieu.

Comme localité nous avons choisi la Crau quaternaire, au voisinage de la route d'Arles à Fos-sur-Mer, l'une des régions grégarigènes les plus anciennement connues qui soit en France, d'où périodiquement des « invasions » sont signalées. Les grégaires y sont parmi les plus typiques de chez nous.

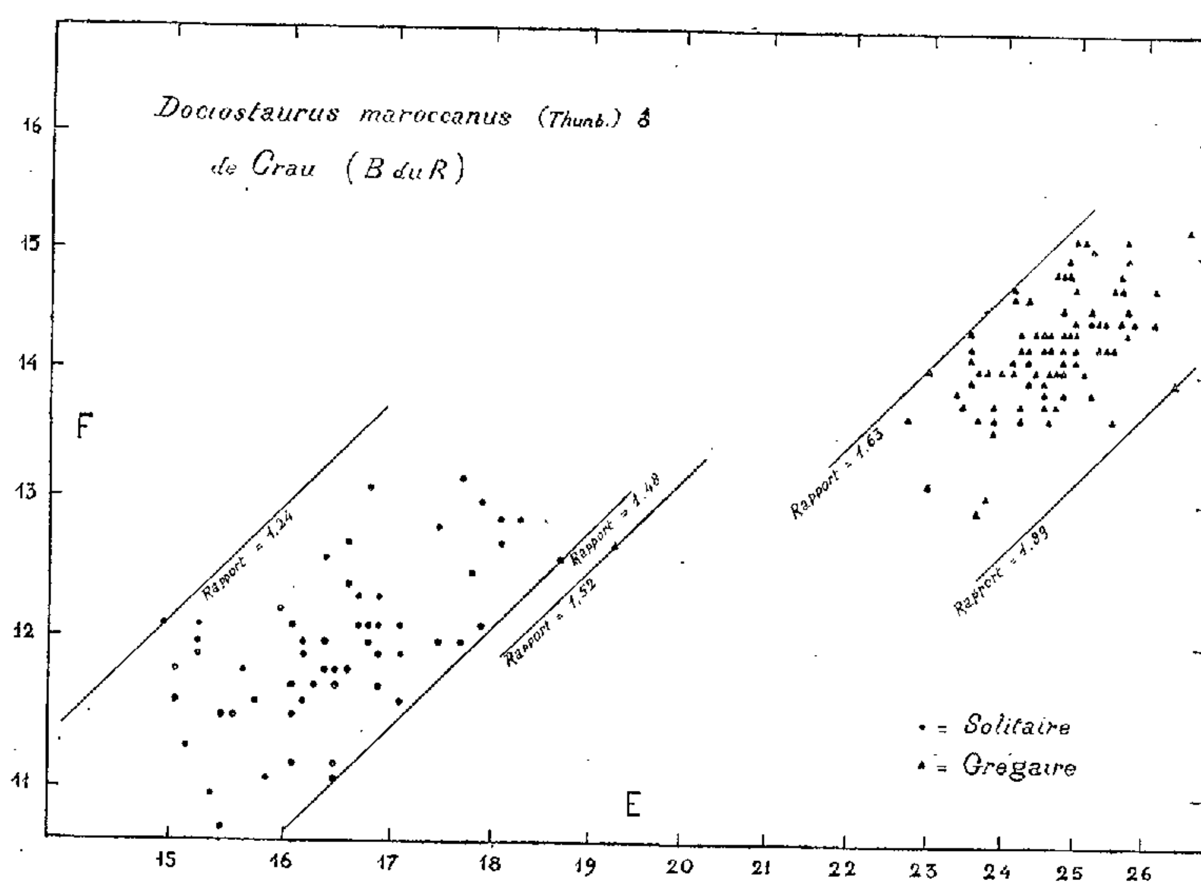
Les 100 mâles et les 100 femelles grégaires ont été prélevés le 5 juin 1947 près du lieudit Magnan, d'une population issue de grégaires migrateurs, et migratrice à son tour.

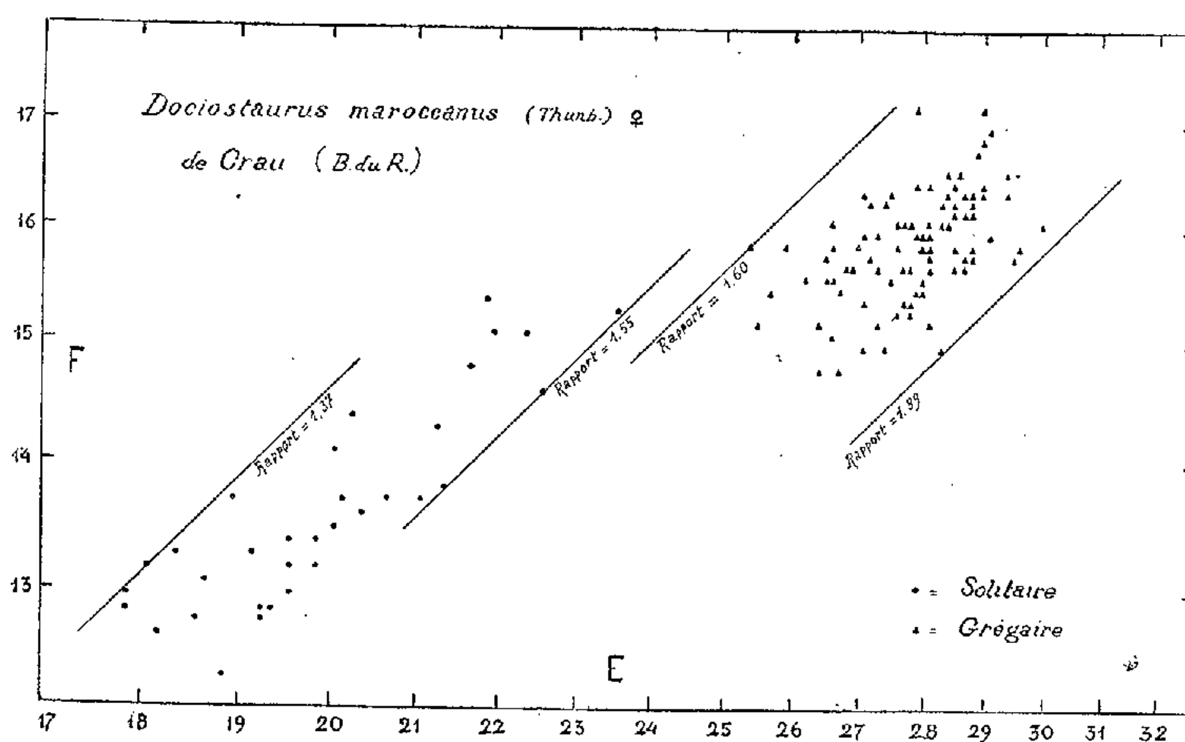
Les 61 mâles et 33 femelles solitaires proviennent du pourtour de la bergerie de la Figuière, située, en ligne droite, à 7 km environ, au Sud de la précédente localité. Ils furent récoltés le 30 juin 1950. Cette année-là, il n'y avait plus une seule bande acridienne en Crau. Aucun individu de l'espèce ne put même être trouvé à Magnan et les populations étaient très réduites.

Nos diagrammes caractérisent bien ces deux types opposés de populations du Midi méditerranéen. Un seul individu, de rapport 1,52, présente

un indice morphométrique aberrant pour la population dans laquelle il se trouvait inclus.

Nos diagrammes devront être complétés par l'analyse des populations de types intermédiaires que nous poursuivons actuellement, mais il nous a paru cependant intéressant d'indiquer, dès à présent, l'un des aspects du polymorphisme de « phase » du Criquet marocain en France.





Nous avons tracé les droites représentatives et indiqué les valeurs des rapports E sur F maxima et minima pour permettre la comparaison de nos résultats avec ceux obtenus dans d'autres régions du Bassin méditerranéen.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la synthèse de quelques dérivés des acides hydroxy-3 et 6-anthraniliques.* Note de M. **Charles Sannié**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

De nombreux travaux récents tendent à établir que le tryptophane est dans l'organisme un précurseur de l'amide nicotinique, et que la cynurénine et l'acide hydroxy-3-anthranilique constituent des étapes intermédiaires dans cette transformation; ainsi Mitchell, Nyc et Owen (1) ont montré que chez le Rat l'acide hydroxy-3-anthranilique peut se substituer au tryptophane et à l'amide nicotinique. Il était donc intéressant de rechercher une synthèse de cet hydroxyaminoacide qui le rende facilement accessible.

Keller (2) l'avait isolé dès 1908 sous forme de dérivé 3-méthoxylé par dégradation de la damascénine, alcaloïde de *Nigella damascena*. Mais c'est seulement en 1948 qu'apparurent indépendamment deux mémoires sur sa synthèse, l'un de Bray avec ses collaborateurs (3), l'autre de Nyc et Mitchell (4). Enfin tout récemment Mentzer (5) a publié une nouvelle méthode de synthèse, particulièrement intéressante au point de vue biochimique en ce qu'elle part d'un dérivé indolique : le phényl-2 méthoxy-7 indole.

Le procédé le plus pratique est celui de Bray, dans lequel l'acide *m*-acétylaminobenzoïque est nitré, le dérivé nitré en 2 étant ensuite séparé des autres isomères, mais non sans difficulté et avec un rendement total de 20 à 25 % seulement. Le chauffage de l'acide aminé nitré avec KOH à 25 % pendant deux heures transforme en hydroxyle la fonction aminée en 3, et la réduction du groupe nitro en 2 donne l'acide hydroxy-3-anthranilique. Le rendement total est de 15 à 18 % environ.

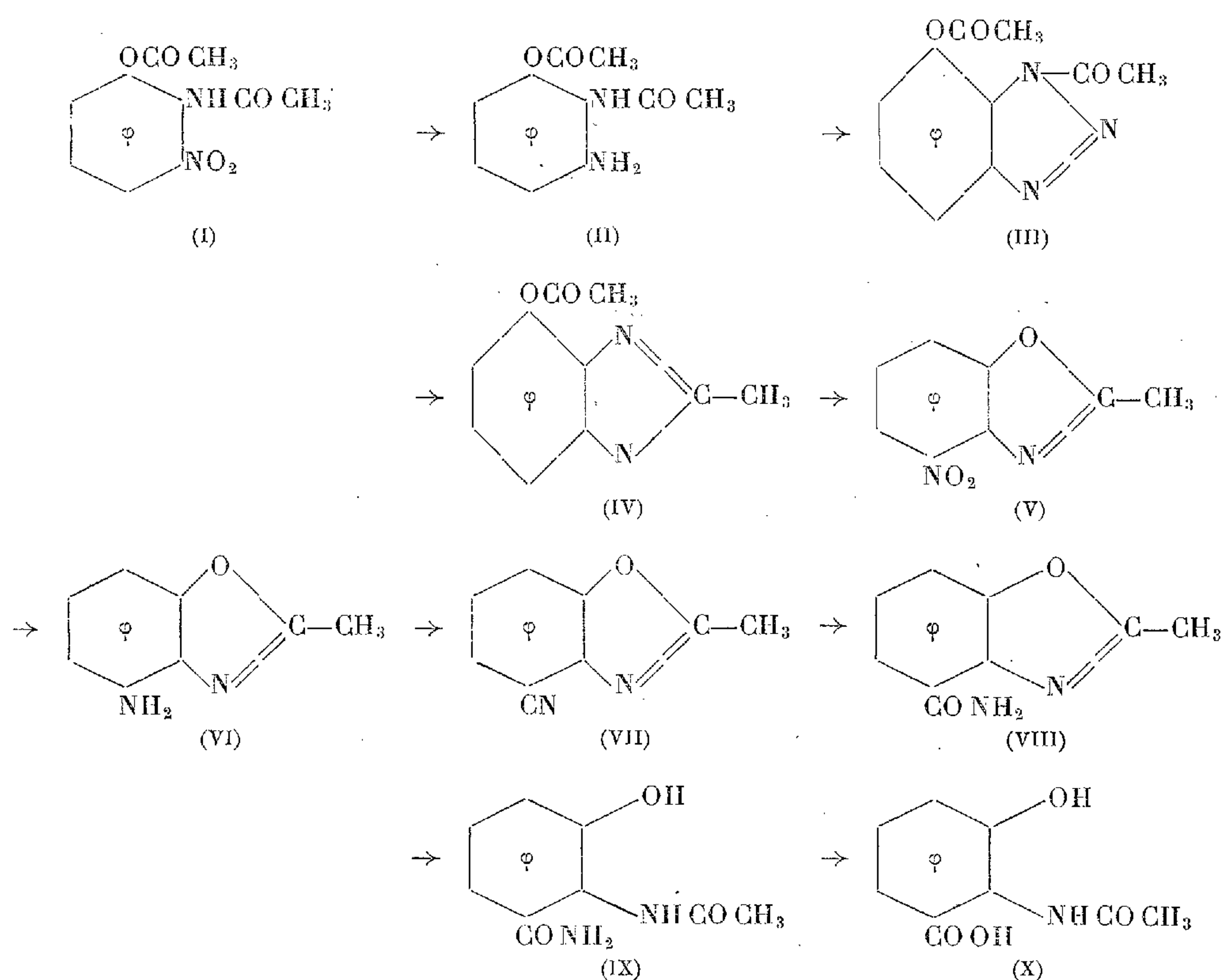
Au cours des essais que nous avons faits pour synthétiser l'acide *p*-aminosalicylique (6), nous avons obtenu toute une série de dérivés nitrés de l'orthoaminophénol, permettant d'aboutir non seulement à l'acide *p*-aminosalicylique, mais aussi à plusieurs autres aminoacides hydroxylés voisins. Tandis que la nitration du méthyl-2-benzoxazol donne après hydrolyse un mélange d'*o*-aminophénols nitrés en 4 et 5, la nitration directe du diacétyl *o*-aminophénol aboutit à un mélange de dérivés nitrés en 3 et 5. Dans des conditions convenables, on obtient 68 % de nitré en 3, et 32 % environ de nitré en 5, que l'on peut séparer sans grandes difficultés.

---

(1) *J. Biol. Chem.*, **175**, 1948, p. 433-438.
(2) *Arch. Pharm.*, **246**, 1908, p. 1-50.
(3) *Biochem. J.*, **42**, 1948, p. 440; **48**, 1951, p. 394-399.
(4) *J. Am. Chem. Soc.*, **70**, 1948, p. 1847-1848.
(5) *Bull. Soc. Chim. France*, 1950, p. 782-786.
(6) *Bull. Soc. Chim. France*, 1950, p. 322-326.

L'aminonitrophénol diacétylé (I) se réduit par Ni Raney en une diamine (II) dont une des fonctions NH_2, en 2, est acétylée.

Mais la réaction de Sandmeyer ne permet pas de passer au nitrile correspondant; il se fait une diazoimide (III) en aiguilles blanches, F 102-104°. D'autre part, le chauffage de (II) au-dessus de son point de fusion provoque la formation de méthyl-2 benzimidazol acétylé (IV), F 215-216°.



La réaction est toute différente si l'on transforme (I) par chauffage en méthyl-2-nitro-4-benzoxazol (V), F 124-125°, (rendement quantitatif). Après réduction par Ni Raney, l'amino-4-benzoxazol (VI), F 78-79°, est transformé en nitrile (VII), F 106-107° (rendement 67 %), que l'eau transforme en tube scellé à 180° en amide (VIII), F 172°. Celle-ci est hydrolysée par HCl dilué à froid en dérivé N-acétylé de l'amide de l'acide hydroxy-3-anthranilique (IX) (Rdt 80 %), facilement désacétylé. Cette amide est hydratée par PO_4H_3 à 100 % à 150° en acide N-acétylhydroxy-3-anthranilique (X), F 143-144°, que l'hydrolyse transforme quantitativement en acide hydroxy-3-anthranilique, F 260-265° (déc.), identique à celui obtenu par la méthode de Bray. Le rendement total est d'environ 15 %.

Si, au lieu de réduire le groupe NO_2 dans (I), on hydrolyse les acétyles, on obtient par la réaction de Sandmeyer l'hydroxy-6-nitro-2-benzonitrile,

F 208-209°, que le chauffage en tube scellé avec SO_4H_2 4N à 150° transforme en amide de l'acide hydroxy-6-nitro-2-benzoïque, F 225-230°. Mais la saponification du nitrile ou de l'amide en acide n'a pu être réalisée. Du reste, cet acide ne peut pas davantage être obtenu par réduction et diazotation du dérivé 6-nitré correspondant, celui-ci se décarboxylant rapidement en milieu acide.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les dérivés dinitrophénylés du chymotrypsinogène et de l'α-chymotrypsine cristallisée.* Note de M. **Pierre Desnuelle** et M[lles] **Mireille Rovery** et **Colette Fabre**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On admet généralement que la conversion du chymotrypsinogène en chymotrypsine est de nature protéolytique puisqu'elle est réalisée par la trypsine dans la zone de pH où cet enzyme est actif et qu'elle semble s'accompagner de la rupture, au sein du chymotrypsinogène, d'un certain nombre de liaisons peptidiques. Si l'on en juge par la formoltitration, ce nombre, rapporté à 1 mol. de protéine, serait compris entre 4 et 6 ([1]). On se trouverait donc là en présence d'une protéolyse limitée, analogue à celle qui engendre la fibrine à partir du fibrinogène ([2]), mais dont l'intérêt serait encore augmenté par l'apparition simultanée d'une activité enzymatique.

Avant de faire la moindre hypothèse sur le rôle que joue éventuellement la protéolyse dans le phénomène d'activation, il importe de savoir si l'existence même de cette protéolyse peut être constatée et si ses effets peuvent être étudiés au moyen des techniques modernes de la chimie des protéines. Au cours du présent travail, nous avons abordé ces problèmes en déterminant comparativement les extrémités N-terminales du chymotrypsinogène et de l'α-chymotrypsine.

Les deux protéines ont été préparées à partir de pancréas de bœuf en suivant exactement les excellentes directives de Northrop, Kunitz et Herriott ([3]). Après quatre crisallisations, le chymotrypsinogène a été en partie dialysé et lyophilisé. L'autre partie a été activée par la trypsine cristallisée Armour. L'α-chymotrypsine ainsi obtenue a été cristallisée trois fois (I) ou cinq fois (II), dialysée et lyophilisée. Au cours d'un autre essai (III), l'enzyme cristallisé cinq fois a été précipité dans l'acide trichloracétique à 2,5 % puis lavé abondamment. Les extrémités N-terminales de ces préparations ont été étudiées par la méthode classique de Sanger ([4]), en procédant à des hydrolyses spéciales pour la recherche des dérivés dinitrophénylés (DNP-dérivés) du glycocolle et de la proline.

([1]) J. A. V. Butler, *J. Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2968.

([2]) K. Bailey, F. R. Bettelheim, L. Lorand et W. R. Middlebrook, *Nature*, 167, 1951, p. 233.

([3]) *Crystalline Ezymes*, Colombia University Press, New-York, 1948, p. 262.

([4]) *Biochem. J.*, 39, 1945, p. 507.

Aucun DNP-amino-acide connu n'a pu être décelé dans les hydrolysats du DNP-chymotrypsinogène. Le chymotrypsinogène peut donc être considéré provisoirement comme dépourvu de chaînes peptidiques ouvertes (*). Par contre, les DNP-dérivés des trois préparations d'α-chymotrypsine nous ont fourni des DNP-amino-acides dont les proportions, uniformément rapportées à un poids moléculaire de 21500 ([7]), sont indiquées ci-après.

Aminoacide N-terminal.	Nombre des résidus N-terminaux rapporté à 1 mol d'enzyme (21 500 g).		
	(I).	(II).	(III).
Alanine............	1,3	1,2	1,2
Leucine............	0,8	1,1	1,0
Phénylalanine......	0,6	0,5	0,8

Nous avons en outre constaté la présence dans les trois hydrolysats de quantités relativement faibles de DNP-glycocolle et d'autres DNP-aminoacides (DNP-tryptophane) appartenant au même groupe, mais contrairement à ce qu'indique Jansen ([7]), nous n'avons pas rencontré de thréonine en position N-terminale.

Ces résultats suggèrent que la molécule d'α-chymotrypsine renferme des chaînes peptidiques ouvertes dont les extrémités N-terminales sont occupées par l'alanine, la leucine et, éventuellement, la phénylalanine. Toutefois, il ne faut pas oublier que l'enzyme est capable de retenir avec ténacité des impuretés peptidiques ([8]) provenant de son autolyse ou engendrées pendant l'activation trypsique. Le fait que nous trouvions une série de DNP-aminoacides dans un rapport molaire nettement inférieur à 1, confirme d'ailleurs l'existence d'impuretés qui ne peuvent être entièrement éliminées ni par les cristallisations successives, ni par la précipitation trichloracétique.

Il n'est donc pas impossible que les extrémités N-terminales précédemment déterminées appartiennent elles-mêmes, en tout ou en partie, à ces impuretés

(*) Toutefois, après 16 h d'hydrolyse en tube scellé dans HCl 12N à 105°, une bande orangée apparaît sur les colonnes de chloroforme dans la région du groupe glycocolle. L'hydrolyse ammoniacale ([5]) de cette bande n'engendre aucune substance ninhydrine-positive. Le dérivé qui la constitue se distingue d'ailleurs aisément sur papier des DNP-amino-acides trouvés habituellement dans le groupe glycocolle, en utilisant le « système toluène » de Bizerte et Osteux ([6]). Chose curieuse, les hydrolysats de DNP-α-chymotrypsine préparés dans des conditions identiques contiennent la même substance. Mais les hydrolysats de DNP-ovalbumine, DNP-sérumalbumine (bœuf) et DNP-globine (cheval) en sont dépourvus.

([5]) A. G. Lowther, *Nature*, **167**, 1951, p. 767.

([6]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **33**, 1951, p. 50.

([7]) G. W. Schwert et S. Kaufman, *J. Biol. Chem.*, **190**, 1951, p. 807.

([8]) E. F. Jansen, M. D. F. Nutting, R. Jang et A. K. Balls, *J. Biol. Chem.*, **185**, 1950, p. 209.

et, jusqu'à plus ample informé, nous les attribuerons, non à la molécule d'α-chymotrypsine, mais à cette préparation malgré tout bien définie que représente l'α-chymotrypsine cristallisée selon les directives de Northrop.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Amino-acides libres et peptides du tissu cérébral; présence d'acide γ-aminobutyrique combiné.* Note de MM. **Paul Boulanger** et **Gérard Biserte**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le fractionnement de base sur résines à échanges d'ions, suivi de l'étude chromatographique des fractions obtenues, conduit à un tableau suggestif de la composition en amino-acides libres et en peptides du tissu cérébral; il permet de déceler avec certitude la présence d'acide γ-aminobuturique *combiné*, accompagnant la β-alanine également combinée, dans une fraction où se situe normalement l'acide pantothénique.

Les auteurs qui ont étudié les amino-acides libres du cerveau (1), (2) ont tous insisté sur la teneur élevée en acide aspartique, taurine et surtout acide glutamique, ainsi que sur le taux appréciable d'acide γ-aminobutyrique; la présence de peptides a d'autre part été démontrée (2), (3), (4). La découverte dans le tissu cérébral d'une décarboxylase de l'acide glutamique très active (5), (6) explique la présence d'acide γ-aminobutyrique; mais le problème de la destinée et de la signification métabolique de ce γ-amino-acide reste entier.

Nous avons essayé d'appliquer au tissu cérébral la méthode de fractionnement sur colonnes de résines à échanges d'ions mise au point pour d'autres recherches [Boulanger, Biserte et Scriban (7)]. Le tissu cérébral ou médullaire (de Chien, Porc ou Bœuf) est homogénéisé (au broyeur à couteaux), puis traité par un grand volume d'acétone; l'extrait acétonique est concentré, acidifié par de l'acide acétique à 1 %, puis délipidé à l'éther. Dans un second temps, la bouillie tissulaire est dialysée contre de l'eau distillée et le dialysat est également concentré. Les deux extraits obtenus sont fractionnés par passages successifs sur résines à échange de cations (*Permutite* 50) et d'anions (*Deacidite*), et élution sélective; on obtient ainsi quatre fractions bien distinctes : A, « basique » ou « neutre »; B, C et D de caractère acide croissant. L'étude de ces fractions par la chromatographie de partage bidimensionnelle dans les systèmes butanol/acide acétique et phénol/NH_3, 3 % donne les résultats suivants :

(1) Awapara et coll., *J. Biol. Chem.*, **187**, 1950, p. 35.
(2) Roberts et coll., *J. Biol. Chem.*, **187**, 1950, p. 55; *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **74**, 1950, p. 383.
(3) Schurr et coll., *J. Biol. Chem.*, **182**, 1950, p. 29.
(4) De Verdier, *Upsala Läkarefor. Forhandl.*, **54**, 1949, p. 329.
(5) Awapara et coll., *J. Biol. Chem.*, **187**, 1950, p. 267.
(6) Roberts et Frankel, *J. Biol. Chem.*, **188**, 1950, p. 789; **190**, 1951, p. 505.
(7) *VIIIe Congrès Int. Ind. Agric.* (Bruxelles), vol. **2**, 1950, p. 38.

Fraction A. — Elle renferme presque tous les amino-acides courants et, en outre, de l'acide α-aminobutyrique, de la glutamine, de la β-alanine (après hydrolyse totale), de l'acide γ-aminobutyrique, peut-être de la colamine, un sucre aminé (glucosamine ou galactosamine). Mais les constituants prédominants sont toujours l'acide glutamique, l'acide γ-aminobutyrique, l'alanine et le glycocolle. Les deux extraits ont des compositions analogues, avec des variations dans la répartition des groupes d'amino-acides; il existe aussi de légères différences selon l'espèce animale.

La fraction A contient en outre de petits polypeptides. En effet, la β-alanine apparaît après hydrolyse totale, tandis que la proline et souvent aussi les acides aminés dicarboxyliques augmentent très nettement. La localisation précise de ces petits polypeptides sur les chromatogrammes n'est pratiquement pas possible. Signalons accessoirement une tache anormale, résistant à l'hydrolyse totale, dont les R_F sont 0,20 (butanol/acide acétique) et 0,83 (phénol-NH_3, 3 %).

Fraction B. — Cette fraction contient une grande quantité de taurine; après hydrolyse totale, quelques acides aminés apparaissent en faible quantité.

Fraction C. — Cette fraction, quoique peu abondante, est très intéressante par sa composition caractéristique et constante dans tous les extraits étudiés. Avant hydrolyse, quatre ou cinq taches ou plages « ninhydrine faiblement positives » occupent des emplacements assez voisins de ceux de l'acide glutamique, du glycocolle, de l'alanine, des diaminés et de la valine. Après hydrolyse totale, on décèle toujours les mêmes acides aminés dont l'importance relative (cas de l'extrait acétonique de moelle épinière de Bœuf) peut être chiffrée suivant la notation de Dent : acide glutamique : 2; acide aspartique : 1; glycocolle : 2; alanine : 4; valine : 2; leucine : 2; *β-alanine* : 15; *acide γ-aminobutyrique* : 6. La particularité de cette fraction vient donc de la présence constante de la β-alanine et de l'acide γ-aminobutyrique *combinés* et de leur abondance par rapport aux autres constituants. Nous avons vérifié que l'acide pantothénique, soumis au même fractionnement de base, se localise bien dans la fraction C. La fraction C de nos extraits cérébraux contient donc vraisemblablement, en même temps que plusieurs polypeptides, de l'acide pantothénique; d'autre part, l'hypothèse d'un composé homologue de l'acide pantothénique, dans lequel l'acide γ-aminobutyrique occuperait la place de la β-alanine, se présente immédiatement à l'esprit.

Fraction D. — Cette fraction contient les peptides dont le caractère acide est le plus accentué; effectivement, après hydrolyse totale, on observe une prédominance marquée de l'acide glutamique et de l'acide aspartique et une absence presque totale de diaminés; l'acide cystéique est parfois présent. Voici par exemple la répartition relative des amino-acides de

l'hydrolysat total de la fraction D de l'extrait acétonique de cerveau de Porc : acide cystéique : 8; acide aspartique : 25; acide glutamique : 50; sérine : 6, glycocolle : 8; thréonine : 3; alanine : 6; valine : 2; leucine : 2; diaminés : 2; présence de β-alanine et d'un composé non identifié de R_F 0,40 (phénol) et 0,35 (butanol/acide acétique), donc situé sur la diagonale des dicarboxyliques.

Le fractionnement et la chromatographie des amino-acides et peptides sont donc susceptibles de fournir des renseignements précieux pour la connaissance du métabolisme protidique intermédiaire dans le tissu nerveux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Induction de la production d'une colicine par le rayonnement ultraviolet* [1]. Note (*) de MM. **François Jacob, Louis Siminovitch** et **Élie Wollmann**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Escherichia coli ML en voie de croissance exponentielle en milieu synthétique ne renferme pas de colicine. Après irradiation par un rayonnement ultraviolet, la croissance continue pendant 70 mn. Une colicine est synthétisée qui est libérée par la lyse bactérienne.

Si l'on centrifuge une culture âgée d'*Escherichia coli* ML en bouillon et si l'on dépose une goutte du liquide surnageant sur une boîte de gélose préalablement ensemencée avec *E. coli* B (Bordet), on observe, après 18 h de séjour à 28°, une zone claire dans laquelle *E. coli* B ne s'est pas multiplié. Si le liquide surnageant est dilué, l'intensité de l'inhibition décroît, mais on ne trouve pas de plages isolées. L'inhibition n'est pas transmissible : elle est donc due à un antibiotique du type « colicine » [2]. On peut titrer cette colicine « ML » en déposant à la surface d'une boîte de gélose ensemencée avec 5.10^5 bactéries sensibles 0,02 ml de dilutions successives de la solution à doser. La lecture est faite après 18 h à 28°. Le titre est exprimé par la dernière dilution capable d'inhiber la croissance des bactéries sensibles.

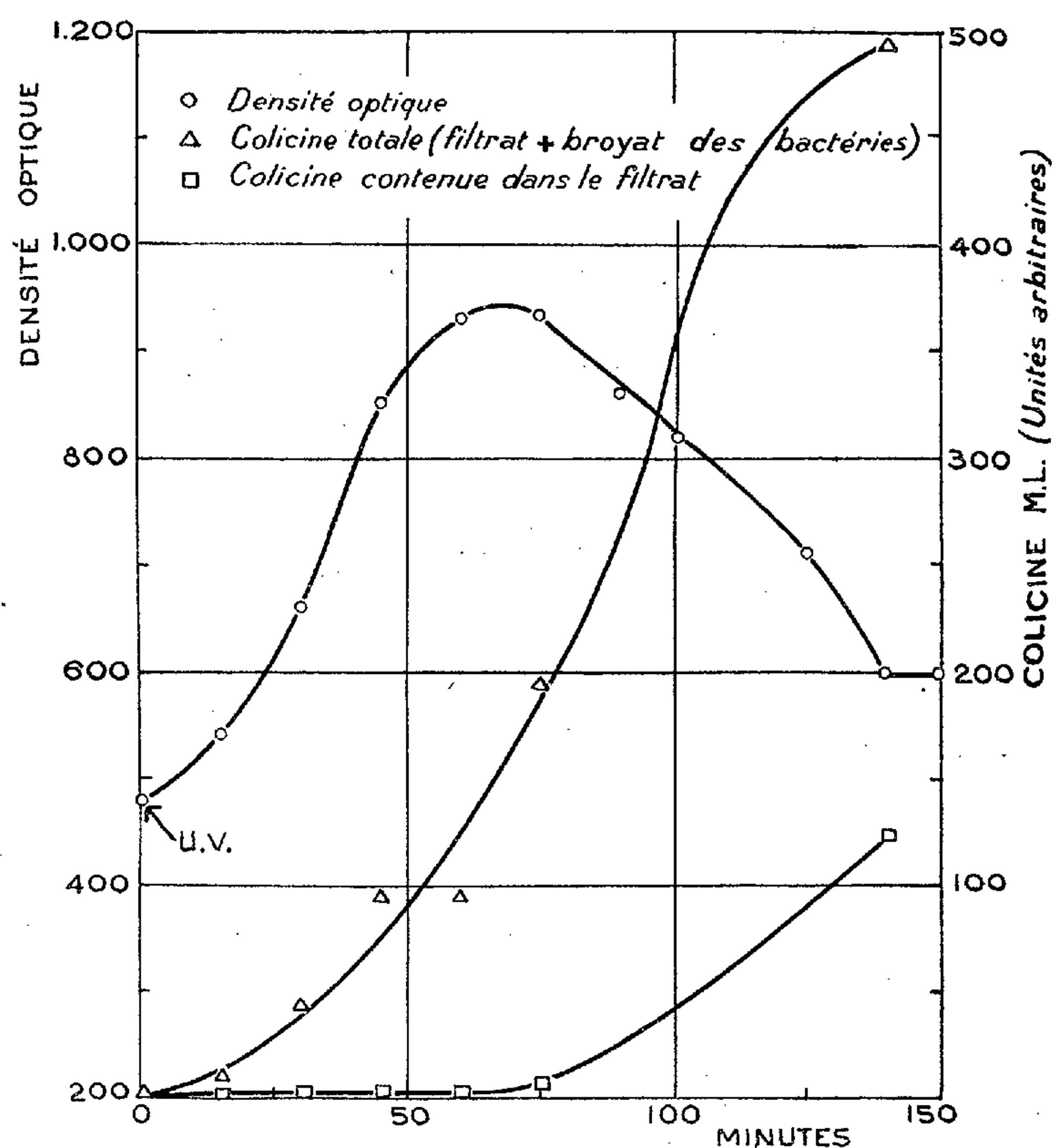
Dans les cultures de la souche *E. coli* ML en voie de croissance exponentielle en milieu synthétique, il n'existe pas d'antibiotique en quantité décelable. Une telle culture, contenant 5.10^8 bactéries : ml, est soumise à un rayonnement ultraviolet de 650 ergs : mm², puis agitée à 37°. La densité optique est suivie à l'aide de l'électrophotomètre de Meunier. Des échantillons sont prélevés, centrifugés, et la colicine est titrée, dans

(*) Séance du 19 novembre 1951.

(1) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du National Cancer Institute of the National Institutes of Health des États-Unis d'Amérique.

(2) A. Gratia, *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 1040.

le liquide surnageant d'une part, dans les bactéries broyées d'autre part. On voit sur la figure que la croissance bactérienne se poursuit jusqu'à la 70e minute, puis que les bactéries se lysent. Au moment de l'irradiation, il n'y a de colicine en quantité décelable ni dans le milieu de culture, ni dans les bactéries. Quinze minutes plus tard, les bactéries en contiennent une quantité déjà appréciable : la synthèse de la colicine commence peu



après l'irradiation. L'augmentation est ensuite très rapide dans les bactéries, mais la colicine n'apparaît dans le milieu qu'après le début de la lyse. L'irradiation a donc induit la synthèse d'une colicine qui a été libérée par la lyse des bactéries. La production d'un antibiotique après induction par un rayonnement ultraviolet a été également observée sur une souche de *Pseudomonas pyocyanea*. Il ne s'agit donc pas là d'un phénomène isolé.

On sait que les colicines représentent un groupe de substances antibiotiques, de nature vraisemblablement protidique (3) dont les propriétés sont encore mal connues. On sait aussi que les colicines ont souvent des spectres d'activité comparables à ceux des bactériophages. Des résistances

(3) N. G. Heatley et H. W. Florey, *Brit. J. Exp. Path.*, 27, 1946, p. 378.

croisées ont même été décrites ([4]). Les phénomènes qui se déroulent après l'irradiation d'*E. coli* ML rappellent à bien des égards ceux qui ont été observés chez les bactéries lysogènes induites. On sait que ces bactéries reproduisent un probactériophage non infectieux ([5]) dont le développement en bactériophage, qui est induit par le rayonnement ultraviolet, entraîne la lyse de la bactérie ([6]). Cependant, certaines souches lysogènes qui se lysent après irradiation ne libèrent pas de bactériophages. Le développement du prophage est dans ce cas abortif ([7]).

On est ainsi conduit à comparer notre bactérie colicinogène aux bactéries lysogènes. L'irradiation induit la synthèse de la colicine comme elle induit le développement du prophage en phage. *E. coli* ML n'est pas sensible à la colicine ML, de même que les bactéries lysogènes ne sont pas sensibles à leurs bactériophages propres. La synthèse de la colicine, comme le développement du prophage, entraîne la mort de la bactérie productrice. La colicine, comme le phage, est libérée par la lyse bactérienne. *E. coli* ML colicinogène, comme les bactéries lysogènes, perpétue un caractère létal potentiel qui se manifeste après l'irradiation. Cette analogie de propriétés ne saurait être considérée comme fortuite.

MICROBIOLOGIE. — *La lyse de rickettsies mise en évidence sur le Pou.* Note (*) de MM. **Paul Giroud** et **Jean A. Gaillard**, présentée par M. Jacques Tréfouël ([1]).

L'adaptation et les passages sur Pou d'une souche de typhus résurgent permettent de constater un phénomène d'« extinction » comme on en rencontre souvent en bactériologie. Cette « lyse » des rickettsies dans le milieu de culture explique en partie certaines modalités encore obscures des grandes épidémies de typhus et tout particulièrement les baisses de virulence et la disparition spontanée des infections.

On connaît bien le phénomène de lyse des bactéries. La bactériophagie est à la base du déclin ou de la disparition de la plupart des maladies bactériennes.

Un tel comportement n'a jamais été mis en évidence pour des parasites cellulaires stricts comme les rickettsies.

Il nous a semblé qu'une souche provenant d'une rechute de typhus était particulièrement apte pour une telle recherche.

([4]) P. Frédéricq et A. Gratia, *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 560.
([5]) A. Lwoff et A. Gutmann, *Ann. Inst. Pasteur*. 78, 1950, p. 711.
([6]) A. Lowff, L. Siminovitch et N. Kjeldgaard, *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 815.
([7]) A. Lwoff et L. Siminovitch, *Comptes rendus*, 233, 1951 (à l'impression).

(*) Séance du 26 novembre 1951.
([1]) Avec l'assistance technique de M. Adrian Rozewicz.

Nous avons utilisé notre souche N5, isolée chez un malade présentant une rechute de typhus de nombreuses années après une première atteinte.

D'autre part, le Pou est le milieu électif pour les rickettsies et son intestin peut être considéré comme un véritable tube de culture si l'inoculation est faite par voie anale, suivant la technique de Weigl. Cet intestin est pour la rickettsie ce que le tube de gélose est pour la bactérie.

1. *Comportement d'une souche normale.* — On sait que les poux inoculés avec une souche normale de typhus épidémique présentent des rickettsies dans leurs fèces en 5 à 6 jours, en moyenne et le pourcentage des insectes infectés est au voisinage de 100 %, pourcentage qui se maintient dans les passages successifs.

2. *Comportement de la souche* N5. — Nous avons fait avec cette souche 30 passages sur plus de 2 000 poux. Le 1[er] passage a été fait à partir de l'exsudat vaginal d'un cobaye au 6[e] passage après l'isolement et dans lequel nous avions vu des rickettsies.

Lors du 1[er] passage sur poux, 25 d'entre eux se sont montrés positifs du 7[e] au 10[e] jour soit 80 %; 10 meurent du 1[er] au 3[e] jour. Au second passage, 10 poux sur 15 sont positifs. La souche paraît donc se comporter normalement. Au 3[e] passage cependant, l'incubation de l'infection devient très courte puisque 85 % des poux sont porteurs de rickettsies au 3[e] jour.

Formes normales, grosses formes, éléments punctiformes. — Dans les passages suivants, le comportement devient alors tout à fait particulier : le nombre des poux infectés devient de plus en plus faible, l'incubation est très variable, anarchique même et la morphologie des rickettsies change.

On peut à côté de rickettsies normales voir des formes rares et grosses et des éléments punctiformes.

L'un de nous avec G. Ciaccio a constaté déjà de tels faits au cours de la culture des rickettsies sur poumon de souris et de lapin, et lors des passages sur membrane vitelline de l'œuf.

Les grosses formes succèdent brutalement aux éléments très fins et très nombreux. Tout se passe comme si un phénomène de lyse intervenant, les grosses formes représentaient les éléments de résistance.

Lyse des rickettsies. — Lors des passages suivants sur pou, malgré l'emploi des crottes les plus riches en rickettsies, les passages deviennent négatifs, de nombreux poux meurent le 2[e] jour et au 8[e] passage la souche est perdue sur cet hôte pourtant très réceptif.

On assiste donc à l'apparition d'éléments punctiformes, puis à la disparition complète de ces éléments et à la perte totale de la virulence des intestins inoculés. La souche est perdue, les intestins des poux de passage ne sont plus virulents, comme n'est plus infectant un tube de culture lysé.

Retour à la forme normale. — En reprenant les intestins des poux morts

au 2e et 3e jour, on peut mettre en évidence des éléments punctiformes et à partir d'eux obtenir sur pou des formes normales vers le 7e jour.

Deux fois de suite le même phénomène se reproduit et deux fois la souche est rétablie.

Après une dizaine de passages l'incubation s'est régularisée, la morphologie est redevenue normale, le pourcentage des poux infectés atteint 100 % et la souche se comporte de façon classique.

PATHOLOGIE DES INSECTES. — *L'agent pathogène de la flacherie des Vers à soie endémique dans la région des Cévennes :* Bacillus cereus *var.* alesti *var. nov.* Note de MM. **Constantin Toumanoff** et **Constantin Vago**, présentée par M. Émile Roubaud.

Un bacille pathogène pour les Vers à soie et déterminant la flacherie endémique des Cévennes est décrit. Il s'agit d'une variété de *Bacillus cereus* Frankland et Frankland, dénommée *Bacillus cereus* var. *alesti* var. nov..

Au cours de nombreux examens de Vers à soie atteints de flacherie dans la région Cévenole, l'un de nous (C. Vago) a isolé une souche bactérienne qui s'est avérée pathogène « per os » pour les vers aux divers stades.

Cette souche, particulièrement virulente, est responsable d'une forme de flacherie endémique qu'il a définie sous le nom de « flacherie endémique des Cévennes » et dont il a fait ressortir l'étiologie et l'importance pratique ailleurs (1).

Nous avons effectué l'étude expérimentale et bactériologique du germe, afin d'établir ses caractéristiques qui sont données ci-après :

Germe modérément mobile, dont les éléments, dans la culture de 24 heures sur gélose, se présentent sous l'aspect de bâtonnets à bouts arrondis et dont les dimensions varient de 1 à 5 μ. Sur gélose ordinaire, dans la culture de 24 heures, les éléments sont bien séparés et ne forment pas de chaînettes; celles-ci s'observent dans les cultures plus vieilles et aussi sur certains milieux spéciaux. Elles sont formées, notamment, sur le milieu eau peptonée-haricot saccharosée, atteignant parfois 180 μ de longueur, lorsqu'on utilise ce milieu au pH 6; elles sont plus courtes au pH 7. Les éléments isolés sont, du reste, plus longs sur ce milieu que sur la gélose ordinaire.

La sporulation commence, en général, 24-48 h après l'ensemencement et les spores subterminales, ovales ou subovales, ont de 1 à 1,5 μ de longueur, se colorant parfois légèrement aux deux pôles opposés, notamment par la méthode de Gram.

Le germe est Gram-positif, ne perd pas la capacité de prendre le Gram, même dans les cultures vieilles de 6 jours ou davantage.

La culture de 24 h, sur *gélose ordinaire*, à pH 6,8-7, a l'aspect d'un enduit blanc assez épais, brillant et gras. Cet aspect ne se modifie pas d'une manière sensible dans des cultures plus âgées. Sur la gélose à pH 6, forte croissance sous forme d'enduit épais, nacré.

---

(1) *C. R. Acad. Agric.*, 37, 1951 (en cours d'impression).

Sur *bouillon ordinaire* de 24 h, on observe un trouble uniforme; au bout de 72 h il y a formation d'un dépôt, au fond du tube. Pas de pellicule ni d'anneau à la surface du milieu.

La *gélatine* n'est liquéfiée que lentement; la croissance, y est d'abord faible, elle ne devient forte qu'en 72 h avec présence d'une couche épaisse en surface et d'un trouble en profondeur; la liquéfaction se fait le 4e jour, le milieu prenant alors l'aspect d'un bouillon trouble.

Sur le *gélose au rouge neutre*, légère croissance, déjà 24 h après l'ensemencement, qui devient forte en 72 h : faible couche en surface et tout le long de la piqûre, avec quelques bulles de gaz en profondeur. Le milieu reste cependant non modifié après 9 jours et l'on n'y observe ni fluorescence ni décoloration sensible.

La croissance sur *pomme de terre* se fait déjà en 24 h sous l'aspect d'un enduit légèrement brunâtre, qui devient brun-rougeâtre au bout de 72 h et rouge ou rouge-brique 4 jours après l'ensemencement.

Le *sérum-coagulé* n'est pas modifié au bout de 9 jours; la croissance, modérée au bout de 72 h, devient forte le 4e jour et le milieu jaunit le 9e jour.

Sur *milieu de Loeffler*, la croissance est semblable, mais la gélose jaunit au bout de 4 à 5 jours, puis devient rose le 9e jour.

Le *lait tournesolé* reste sans changement au bout de 24 h; une digestion commence au bout de 72 h, avec culot bleu et liquide surnageant rouge. Après 4 jours, on observe dans le tube un dépôt mauve avec, au-dessus, un liquide de même couleur. Le lait est donc peptonisé.

Dans le *petit lait tournesolé* on n'observe aucune modification.

En *gélose profonde*, croissance jusqu'au 4/5e du tube, le bacille est donc anaérobie facultatif.

Pas de noircissement de la *gélose au sous-acétate de plomb*.

Sur la *gélose au sang inclinée*, forte croissance, sous forme d'un enduit blanc crémeux, avec légère décoloration du milieu.

Sur la *gélose au sang de lapin* défibriné, on observe nettement l'hémolyse.

Le germe est sans action sur les glucides suivants : mannite, xylose, galactose. Il fait fermenter en 24 h le lévulose, le maltose, le glucose et, au bout de 6 jours, le saccharose.

En milieu *eau peptonée-haricot saccharosé* la croissance est très forte au bout de 48 h dans le 1/4 supérieur du tube, avec trouble uniforme dans tout le tube. Croissance à peine perceptible sur le milieu minéral de Grelet (pH 5,9 6) ([2]).

L'épreuve de la catalase est positive. Il y a formation d'acétylméthylcarbinol (épreuve sur le milieu de Clark).

Enfin, le bacille réduit les nitrates en nitrites.

Tous les caractères rapportés dénotent que la souche étudiée appartient au groupe du *Bacillus cereus* Frankland et Frankland.

Mais notre souche se distingue de la forme type de *Bacillus cereus*, telle qu'elle est définie ([3]) par la liquéfaction relativement lente de la gélatine.

Ce bacille se distingue aussi de *Bacillus cereus* typique par le fait qu'il ne liquéfie pas le sérum coagulé, quoiqu'il se développe bien sur ce milieu.

([2]) *Ann. Ins. Pasteur*, 72, nos 1-2, p. 153-156.

([3]) Bergey, *Manual of Determinative Bacteriology*, 6e édition, 1948, Williams et Wilkins, Édit., Balimore.

Par ailleurs, son action pathogène pour les vers à soie le place dans une situation exceptionnelle et permet de le qualifier comme une entité bactérienne spéciale, que nous désignons sous le nom de *Bacillus cereus* var. *alesti* [1] var. nov..

La séance est levée à 16 h 20 mn.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1951.

L'ère des matières plastiques, par M. FOURNIER, préface de JEAN EUDES, in *Les heures scientifiques*. Paris, Dunod, 1951; 1 vol. 21,5 cm.

Monographie des probabilités. Fasc. 8. *Théorie mathématique des assurances*. Premier livre. *Théorie mathématique du risque dans les assurances de répartition*, par J. DUBOURDIEU. Paris, Gauthier-Villars, 1952; 1 vol. 25 cm.

Les récréations mathématiques (parmi les nombres curieux), par VICTOR THÉBAULT, avec des notes de A. BUQUET. Paris, Gauthier-Villars, 1952; 1 vol. 25 cm.

Les nombres inaccessibles, par ÉMILE BOREL, avec une note de DANIEL DUGUÉ, in *Collection de monographies sur la théorie des fonctions*. Paris, Gauthier-Villars, 1952; 1 vol. 25 cm.

Faune de France. 55. *Plécoptères*, par RAYMOND DESPAX, in *Fédération française des sociétés de sciences naturelles*. *Office central de faunistique*. Paris, Paul Lechevalier, 1951; 1 vol. 25 cm (présenté par M. L. Fage).

Analyse dimensionnelle et métrologie, par ROBERT ESNAULT-PELTERIE. Supplément au tome LVII, nos 7 et 8, 1951, de la *Revue générale des sciences pures et appliquées*. Paris, Société d'enseignement supérieur, 1951; 1 fasc. 18 cm.

La structure des théories physiques, par PAULETTE DESTOUCHES-FÉVRIER, in *Philosophie de la matière*. Paris, Presses universitaires de France, 1951; 1 vol. 19 cm (présenté par M. Louis de Broglie).

University of Glasgow. *Oration commemorative of the fifth centenary delivered in St. Andrew's Hall on 21 st June*, 1951, by Lord MACMILLAN; 1 fasc. 21,5 cm.

---

[1] De Alestum, ancienne dénomination romaine d'Alès.

Journal d'analyse mathématique, rédigé et publié sous les auspices du Conseil de rédaction, par BENYAMIN AMIRÁ, en collaboration avec ZEEV NEHARI et MENAHEM SCHIFFER. Vol. I. Première partie. Jerusalem, 1951; 1 vol. 25 cm (présenté par M. P. Montel).

Éléments de thermodynamique chimique, par GEORGES ALLARD, in *Bibliothèque d'éducation par la science*, Paris, Éditions Albin-Michel, 1951; 1 vol. 19,5 cm.

Revue du paludisme et de médecine tropicale. Numéro spécial consacré à J. Pelletier et *J.-B. Caventou.*

Soixante-dix-septième Congrès des Sociétés savantes de Paris et des Départements à Grenoble 1952. *Comité des travaux historiques et scientifiques*; 1 fasc. 21 cm.

Chremoreceptors and regulation of respiration, by C. HEYMANS. Reprinted from, *Research* 3, 1950. London, Butterworths scientific publications, 1950; 1 fasc. 24,5 cm.

Archives internationales de pharmacodynamie et de thérapie publiées par CORNEILLE HEYMANS. Vol. LXXXIV. Fasc. 2 et 3, 1er décembre 1950. *Chremoreceptors and acetylcholine hypertension*, by D. ATANACKOVIC, SV. DALGAARD-MIKKELSEN. Vol. LXXXV. Fasc. 1 et 2, 1er janvier 1951. *Contributions à la pharmacologie de la procaïne*, by D. ATANACKOVIC, SV. DALGAARD-MICKKELSEN. Vol. LXXXVI. Fasc. 1, 1er mars 1951. *Effects of dinitro-cyclopentylphenol on the incorporation of labelled acetate carbon* (C^{14}) *into tissue fractions*, by M. L. BEECKMANS, H. CASIER, G. HEVESY. Vol. LXXXVI. Fasc. 2, 1er avril 1951. *Recherches sur la brûlure sympathicolytique, adrénaline, l-artérénol et diurèse aqueuse chez le chien normal et chez le chien brûlé*, par G. BARRE. Vol. LXXXVI. Fasc. 4, 1er juin 1951. *Action de substances curarisantes sur l'homéostasie physiologique de la pression artérielle*, par A. VAN DEN OSTENDE. Gand, Secrétariat de la Rédaction, et Bruxelles, Office international de librairie; 5 fasc. 24 cm.

Procaïne-amide (*Pronestyl*) *et arythmies cardiaques, au cours du cathétérisme du cœur*, par G. VAN DEN HEUVEL-HEYMANS. Extrait de *Acta cardiologica*. T. VI. Fasc. 1, 1951; 1 fasc. 24,5 cm.

Chremoreceptors and regulation of respiration, by CORNEILLE HEYMANS, in *Acta physiologica scandinavica*, 1951. Vol. XXII. Fasc. 1; 1 fasc. 23 cm.

Méthodes de sondage pour recensements et enquêtes, par FRANK YATES, traduit sous la direction de GEORGES DARMOIS. Paris, Dunod et Masson, 1951; 1 vol. 24 cm (présenté par M. E. Borel).

Encyclopédie biogéographique et écologique. VI. *Les conditions écologiques et le peuplement des vases d'eau douce*, par FRANKLIN PIERRE. Paris, Paul Lechevalier, 1951; 1 vol. 25 cm (présenté par M. P.-P. Grassé).

Id. VII. — *Les associations végétales du massif de Sainte-Victoire*, par R. NÈGRE. Paris, Paul Lechevalier, 1950; 1 vol. 25 cm.

Les accélérateurs de particules. Réunions d'études et de mises au point, tenues sous la présidence de LOUIS DE BROGLIE, par STANISLAS WINTER, JEAN DE BEAUREGARD, EUGÈNE NAGEOTTE, PIERRE LAPOSTOLLE, BERNARD KWAL, PIERRE DEBRAINE, ANDRÉ BARIAUD, ROGER JOUTY, THÉO KAHAN, CLAUDE MAGNAN et PAUL CHANSON. Paris, Éditions de la Revue d'optique théorique et instrumentale, 1950; 1 vol. 21,5 cm.

IIe Congrès mondial des engrais chimiques. Rome, 22-25 octobre 1951. *Fertilising of fruit trees and berry fruits*, and *Fertilising with trace elements*, by THOMAS WALLACE; 2 fasc. 24 cm.

Royaume de Belgique. Ministère des Colonies. Commission de géologie. *Carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Légende générale.* Carte d'ensemble au 2 000 000e, dressée par L. CAHEN et J. LEPERSONNE, et *Notice explicative*; 1 pochette 23,5 × 32 cm.

The Oranur experiment. First report (1947-1951), by WILHELM REICH. Published by THE WILHELM REICH FOUNDATION. Orgonon, Maine, 1951; 1 vol. 23 cm.

Institut techniki budowlanej. *Zasadi i metoda projektowania mechanizacji Budowy*, par RAFAEL RUCKI. Warszawa, Paustnowe Wydawnictwa techniczne, 1951; 1 vol. 24 cm.

Doktryna pracy Równomiernej w realizacji budowlanej, par ALKSANDER DYZEWSKI. Warszawa, Polskie wydawnictwa gospodarcze, 1949; 1 fasc. 30 cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE ANNUELLE DES PRIX DU LUNDI 10 DÉCEMBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

M. MAURICE JAVILLIER prononce l'allocution suivante :

MES CHERS CONFRÈRES,

Fidèles à nos traditions, recueillons-nous d'abord dans le souvenir de ceux de nos Confrères dont l'inexorable loi de la Nature a récemment privé notre Compagnie.

A peine installé dans les fonctions dont votre indulgence m'a investi, je devais vous annoncer le décès de LUCIEN CUÉNOT, membre non résidant (¹). Zoologue de premier plan, le Professeur de Nancy apporta sur la morphologie et la physiologie des Protozoaires et Échinodermes, Insectes et Tuniciers, Poissons et Mammifères, d'originales et minutieuses observations. S'élevant au-dessus des faits particuliers, ce Philosophe de la Nature tenta de voir clair dans les problèmes de l'*évolution* et de la *genèse des espèces*. Il conçut les *variations* comme résultant d'une modification intime et apparemment spontanée du patrimoine héréditaire. Dans la *sélection*, il vit agir fécondité différentielle et préadaptation. Il énonça les règles fondamentales de l'*hérédité*. Ainsi maintint-il brillamment la place de la France dans ce peloton d'initiateurs qui, quelques décades avant, comptait les noms de Lamarck et de Darwin.

Cuénot a laissé un magnifique témoignage de sa pensée dans cet Ouvrage « *L'évolution biologique* », rédigé avec la collaboration avertie de Mlle A. Tétry, paru quelques mois après le décès du Maître. L'évolution, ses règles et ses facteurs, la genèse des espèces, y sont présentés avec toute la puissance d'évocation de faits judicieusement ordonnés et appréciés avec le sens critique le plus sûr. Et il me plaît, qu'avec une parfaite liberté

(¹) Notice (*Comptes rendus*, 232, 1951, p. 189).

d'esprit, l'auteur nous ait aussi confié ses incertitudes, notamment dans la question toujours discutée de l'hérédité des caractères acquis. Heureux le savant qui, par une telle œuvre de synthèse influe de façon durable sur la science qu'il a cultivée !

Joseph Magrou était de même race [2]. Il nous a quittés le 10 février dans sa 68e année. La partie la plus passionnante de son œuvre botanique a trait aux relations que, continuateur de Noël Bernard, il reconnut entre *symbiose* et *tubérisation*. A la suite d'études sur les Pommes de terre sauvages américaines, il montre que notre Pomme de terre cultivée dérive d'ancêtres soumis à la symbiose. Il réalise l'inoculation de *Solanum tuberosum* par un champignon symbiotique identique à celui qui infecte les *Solanum* américains, étudie le sort de l'association et ses effets suivant les individus et les espèces. Il enquête sur les plantes alpines vivaces et découvre qu'elles sont associées à des champignons de mycorhizes. Il apporte des arguments en faveur de l'influence favorable de la montagne sur la dégénérescence de la pomme de terre. Il discerne le mécanisme physico-chimique par lequel les Champignons symbiotiques provoquent la tubérisation, décrit une méthode de culture symbiotique à partir de graines, apte à accroître les rendements et atténuer les maladies à virus. Dans un ordre d'idées connexe, il affirme l'étiologie bactérienne du *cancer des plantes* ou crown gall et étudie ces tumeurs aux structures paradoxales. Ce savant pastorien manifeste chez les végétaux l'existence de processus d'*immunité* analogues à ceux que nous observons chez les animaux. En *radiobiologie* et *microbiologie*, il apporte beaucoup d'autres faits.

Son livre « *Maladies des végétaux* » est un ouvrage très personnel, où sont analysés mécanismes d'action des parasites, réactions de leurs hôtes, phénomènes d'immunité. De l'originalité de son esprit, de son talent expérimental, de l'enthousiasme de son âme ardente, nous pouvions espérer encore beaucoup de brillantes acquisitions.

En avril, notre Section de physique perdait son doyen **Aimé Cotton** [3]. Le Professeur de physique générale de la Sorbonne s'était qualifié dès la première heure comme un Maître de l'*optique physique* et de la *magnéto-optique*. En découvrant le dichroïsme circulaire et la dispersion rotatoire anomale, il apporte de nouveaux moyens d'investigation des configurations moléculaires. Peu après la découverte par Zeeman des changements que subissent les raies d'émission dans un champ magnétique, il trouve

---

(2) Notice (*Comptes rendus*, 232, 1951, p. 577).
(3) Notice (*Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1521).

que les raies d'absorption sont aussi modifiées par le champ; il montre que la température est sans influence sur l'effet Zeeman. Il détermine la valeur du rapport de la charge de l'électron à sa masse.

Sur les *particules ultramicroscopiques* il accumule les observations : mouvements, signe électrique, déplacements dans un champ électrique. Il observe la biréfringence magnétique des colloïdes, qui possèdent aussi pouvoir rotatoire et dichroïsme circulaire magnétique. Les granules s'orientent comme le feraient des particules cristallines. Ainsi s'écrit une préface à l'étude des problèmes moléculaires. Cotton et Mouton se demandent si les molécules se comportent comme les granules colloïdaux et découvrent la biréfringence magnétique dans des corps liquides, comme le nitrobenzène, et l'expliquent par l'*anisotropie des molécules*. L'orientation est la conséquence de l'anisotropie.

A Bellevue, Cotton réalise le grand *électro-aimant*, puis un puissant *aimant permanent*, qui permirent de poursuivre nombre de travaux.

Durant la guerre de 1914-1918, Cotton apporte d'efficaces solutions à maints problèmes d'intérêt militaire. En 1940-1945, il fut de ceux des nôtres qui, points de mire de la police allemande, connurent quelques semaines, l'incarcération à la prison de Fresnes. Il fut un grand Physicien et un grand Citoyen.

Un mois après la mort de Cotton, nous perdions **Élie Cartan**, membre de notre section de géométrie, l'un de nos plus grands analystes ([4]). Ses travaux se rapportent surtout à la théorie des groupes. Il introduit dans la théorie des *groupes continus et finis* ordre et rigueur, détermine tous les groupes simples à paramètres réels et toutes les représentations linéaires irréductibles des groupes simples et semi-simples, revoit les théorèmes fondamentaux de la théorie de Lie et en donne de plus satisfaisantes démonstrations. Utilisant comme instrument analytique les systèmes de Pfaff en involution, il édifie la théorie de la structure des groupes *continus* et *infinis* et l'illustre de nombreux exemples. Ces études le conduisent à l'étude systématique des systèmes d'équations aux dérivées partielles sous la forme de systèmes d'équations aux différentielles totales. La théorie des systèmes de Pfaff lui permet de discuter d'une manière rigoureuse la compatibilité des équations mises par Einstein à la base de sa théorie du champ de gravitation.

En 1923, à la suite du mouvement d'idées qui accompagne la théorie relativiste de la gravitation et de l'électromagnétisme, Cartan fonde la *théorie des espaces généralisés* qui permet d'atteindre à des représentations

([4]) Notice (*Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1785).

de nouveaux Univers si l'on identifie les propriétés physiques de ces Univers avec leurs propriétés géométriques. Par sa découverte, dès 1922, de l'*espace à parallélisme absolu*, il devance sur ce point Einstein.

Son œuvre a inspiré tous les jeunes mathématiciens contemporains, influé sur les spéculations des théoriciens de la Physique et les réalisations des Ingénieurs. Elle ne cesse d'apporter à de multiples domaines de la pensée l'éclat de sa profondeur et de sa précision.

Le 29 octobre disparaissait le doyen des Maîtres de l'Agronomie française, **Émile Schribaux** (5). Terrien d'origine et d'abord ouvrier agricole, il devint Ingénieur-agronome, Professeur à l'Institut National Agronomique, Membre de l'Académie d'Agriculture, Membre de l'Académie des Sciences (Section d'Économie rurale).

Formé par un travail personnel persévérant et un sens profond de l'observation, en de grandes exploitations françaises et étrangères, il eut ce mérite de comprendre pleinement que c'est la connaissance intime de la biologie de la plante qui doit inspirer l'agronome. Il crée une station d'essai de semences, qui, substituant la connaissance scientifique à l'empirisme, transforme du tout au tout l'appréciation des semences et de leur qualité. Il sélectionne les plantes des prairies, notamment trèfles et luzernes, met en valeur le lotier corniculé, transforme la constitution des prairies artificielles de telle sorte que celles-ci peuvent nourrir un cheptel accru.

Ses sélections de blés, ses créations d'hybrides, conduisent à dresser, pour les diverses régions de France et l'Afrique du Nord, des listes des variétés les mieux adaptées aux divers climats et aux sols. Définissant les facteurs qui donnent à un blé sa valeur, il crée des races résistant au froid, ou à l'échaudage, ou aux maladies parasitaires, des variétés de grande productivité ou de haute valeur boulangère. Il crée des « blés de conciliation » à la fois productifs et de qualité. Il sélectionne de même : avoines, orges, seigles. Il fait l'étude systématique de la qualité des farines issues des blés habituellement cultivés et réforme les opinions qui ont cours sur cette question. Émile Schribaux a hautement servi l'Économie rurale française.

Les rangs des Correspondants de notre Compagnie se sont hélas ! également éclaircis. Le 20 février, mourait à Bordeaux **Georges Denigès** (6). Chimiste de grande classe, il a apporté d'importantes contributions à la chimie analytique et biologique. Le nombre des réactions originales d'une remarquable finesse qu'il a mises au point est considérable : caractéri-

---

(5) Notice (*Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1073).
(6) Notice (*Comptes rendus*, 232, 1951, p. 773).

sation fine de divers ions en analyse minérale; identification par certains caractères fonctionnels de maints principes organiques; détermination quantitative de principes fort dissemblables par une même méthode générale : cyanimétrie, chronométrie, obtention de combinaisons mercuro-organiques, céruléo-molybdométrie, etc. Ce faisant, il touche à maints problèmes intéressant biologie, toxicologie, hygiène. Il est un initiateur de cette microchimie qui a acquis une grande importance, notamment en biologie et médecine légale. A une connaissance approfondie des propriétés des corps, il associait cette imagination créatrice qui suggère tours de mains ou dispositifs nouveaux. A sa science et son ingéniosité, il joignait haute conscience et parfait désintéressement.

Le capitaine de vaisseau **Frédéric Marguet**, correspondant pour notre section de géographie et navigation, est décédé à Villeneuve-Loubet le 2 juin (7). Après douze ans de service à la mer, il était devenu professeur d'architecture navale, puis d'astronomie et navigation à l'École navale, où, l'âge de la retraite atteint, il resta comme secrétaire-archiviste, directeur des Études. Son enseignement eut, sur les jeunes générations de marins, une influence considérable. Ses ouvrages renferment beaucoup de résultats personnels, portant notamment sur la théorie des courbes de hauteur, les propriétés des segments capables sphériques, les satellites de Jupiter; ces derniers résultats conduisirent à corriger les tables des satellites dans la Connaissance des Temps. Le Commandant Marguet diffusa les notions relatives aux mouvements généraux de l'atmosphère et à la genèse des marées.

Ce marin-astronome était aussi historien et philosophe, comme en témoignent son *Histoire de la longitude à la mer au* XVIIIe *siècle*, son *Histoire de la navigation du* XVe *au* XXe *siècle*, une publication sur l'origine des espèces, un essai d'ontologie, etc. Il s'est affirmé, écrit M. l'amiral Durand-Viel, « comme un théoricien nautique de grande valeur, un observateur habile, un historien maritime hors de pair, un esprit éminemment distingué ».

Ces confrères, qui, tous, ont affecté d'une marque profonde la science de leur temps, étaient des hommes bien différents par leur formation. Ils l'étaient aussi par la pensée philosophique. Purs rationalistes, hommes de science pénétrés de foi, libéraux étreints par le certain et l'incertain de leurs interprétations, déchirés par les entraînements parfois divergents du sentiment et de la raison, tous ont droit à notre égal respect comme à notre fidèle souvenir.

---

(7) Notice (*Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2377).

Mais c'est de la vie que je voudrais maintenant vous entretenir, de la vie, dont Naturalistes et Philosophes nous ont apporté bien des définitions, aucune n'évoquant cet extraordinaire phénomène en une formule pleinement satisfaisante.

Sans vouloir en proposer une nouvelle à vos méditations, j'aimerais souligner par quels traits, *du point de vue purement chimique*, les vivants se distinguent du monde inanimé.

Il est d'abord un fait frappant. Notre monde matériel est constitué par quelques *corps simples* et un nombre considérable de *combinaisons* entre des principes élémentaires ou *éléments chimiques*, dont nous comptons 92, ceci dit en faisant abstraction de tout ce que nous avons appris, depuis que les atomes ont cessé d'être ces matières premières insécables dont faisaient état les Maîtres de ma jeunesse. Or, des 92 modèles d'atomes, certains seulement intéressent le vivant.

Carbone, *Hydrogène*, *Oxygène* et *Azote* nous apparaissent, d'après les analyses élémentaires, comme représentant de 95 à 98 % de la matière vivante, le carbone cité le premier parce qu'il a la primauté fonctionnelle. C'est autour de lui que tout se crée. Sa structure, ses propriétés, ses aptitudes réactionnelles sont à la base de cette aventure qu'est la vie. La vie est un magnifique développement de la chimie du carbone, résultant du jeu des forces naturelles en des circonstances favorables, et nous disposons d'hypothèses, dont je ne vous parlerai point, pour interpréter comment cela a bien pu commencer ([8]).

Mais tel principe ternaire ou quaternaire n'est pas de la matière vivante. Celle-ci comporte d'autres atomes : *phosphore*, *soufre*, *chlore*, *potassium*, *sodium*, *calcium*, *magnésium*. Avec 11 ou 12 éléments nous bouclons à près de 100 % la composition de la matière vivante. A ceux-ci la biochimie moderne ajoute cependant *une vingtaine* d'autres. Ces derniers n'occupent naturellement qu'une place infime dans les organismes, si bien que l'on s'est demandé s'ils ont un sens biologique, s'ils ne sont pas seulement des témoins attardés et sans intérêt de la complexité des milieux dans lesquels naquit la vie. Or, l'expérience nous apprend que beaucoup de ces oligoéléments ([9]) sont d'une haute importance physiologique : *fer*, *zinc*, *manganèse*, *cuivre*, *cobalt*, *fluor*, *iode et d'autres encore*. De cette notion, agriculture, médecine vétérinaire et médecine humaine ont tiré un éminent profit.

Ainsi, dès notre premier pas, nous reconnaissons à la chimie de la vie des traits qui lui sont propres. Une trentaine d'éléments sur un peu plus de 92 sont, à des titres divers, des *éléments biogènes* et il ne serait pas sans

---

([8]) *Voir* notamment DAUVILLIER et DESGUIN, *La Génèse de la vie*, Hermann, 1942.

([9]) Oligoéléments de G. Bertrand et des biochimistes français = minor Elements ou Trace Elements des biochimistes anglo-saxons = Spurenelemente des biochimistes allemands.

intérêt, pour le savant comme pour le philosophe, de discerner — ce n'est pas impossible — les raisons pour lesquelles certains ont reçu cette promotion et d'autres non.

Mais laissons cela, pour noter que chez les Êtres organisés, il est des *groupements d'atomes privilégiés,* des *fonctions chimiques* qui acquièrent une importance particulière : alcool, aldéhyde, cétone, acide, ester, phénol, amine, amide. Ils permettent de comprendre et de représenter ce que sont sucres, polyosides, graisses, protides, soit les principes immédiats fondamentaux.

Et ceux de ces principes qui jouent les premiers rôles dans l'architecture organique représentent — fait fort important — de *grosses molécules,* avec maintes *complications structurales,* des molécules géantes, dont les grandeurs s'expriment par des nombres dont il y a peu d'équivalents dans le monde minéral. Les chimistes de ce temps ont constitué — avec quel succès ! — toute une chimie des hauts polymères aux multiples applications, mais c'est dans la Nature vivante qu'il leur a été loisible de prendre modèle. La *chimie biologique,* pour une part *chimie d'infiniment petits chimiques, est, par ailleurs, chimie de macromolécules.* Caractéristique bien remarquable des vivants, aux conséquences capitales : formation d'*édifices de formes très diverses* dépendant des conditions du développement spatial des molécules, ainsi : des celluloses fibreuses et certaines protéines massives; — création d'un *milieu colloïdal* se prêtant à certains échanges et certaines formes de réactions; — prédominance de *phénomènes d'adsorption,* c'est-à-dire de fixation superficielle, tout ceci présentant des incidences d'une portée physiologique considérable.

Parmi ces molécules compliquées aux fonctions essentielles, évoquons tout au moins ces constituants universels des noyaux et des cytoplasmes que sont les *nucléoprotéides,* composés d'environ 90 % d'une protéine assez souvent basique et 10 % d'un acide dit nucléique. Les protéines peuvent être fort diverses, en raison du nombre, de la nature, de l'agencement de leurs amino-acides; quant aux acides nucléiques, s'ils répondent surtout à deux types connus, ils sont probablement plus nombreux, étant donnée la multiplicité des arrangements possibles des nucléotides, dont chacun comporte : acide phosphorique, sucre, base purique ou pyrimidique.

Ce sont des nucléoprotéides qui constituent presque toute la substance des *gènes,* particules de quelques dizaines de millimicrons, disposées suivant un ordre défini dans les chromosomes, de la structure desquelles, dans les cellules germinales, dépendent les caractères héréditaires des espèces vivantes. De mutations, au déterminisme obscur, encore inexprimables chimiquement, des nucléoprotéides de ces gènes nucléaires (et peut-être aussi de mutations des gènes cytoplasmiques), résulte l'apparition de races nouvelles et même de nouvelles espèces. Les diversités de structure

de ces corps compliqués, leurs éventuelles variations, recèlent les *causes profondes de l'hérédité* et commandent par elle toute la Biologie. Celle-ci a désormais une base chimique.

A leurs dimensions souvent considérables, les molécules constitutives de la matière vivante associent un autre caractère important : elles sont *dissymétriques*. A l'occasion de ses études sur les acides tartriques, après avoir dédoublé l'acide paratartrique au moyen du *Penicillium glaucum* en acides droit et gauche, Pasteur avait profondément senti quelles relations s'établissent entre les architectures moléculaires et les vivants, affirmé que ceux-ci créent des molécules asymétriques. *C'est là, pour lui, une caractéristique essentielle de la vie.* Et, effectivement, les substances dont l'importance est le plus décisive dans les phénomènes biochimiques — sucres et saccharides, holo- et hétéro-protéides — sont douées d'activité optique, elles sont asymétriques; parmi ceux de ces principes que la synthèse sait reproduire, seuls sont doués de propriétés biochimiques typiques ceux dont la forme structurale correspond exactement à celle du produit naturel. Faits bien remarquables, dont on peut attribuer l'origine aux actions dissymétriques, qui se sont exercées lors de la synthèse naturelle des premières substances organiques, et la permanence à l'activité constructive des gènes.

La matière vivante ne résulte pas du seul arrangement ordonné de molécules plus ou moins considérables, généralement dissymétriques. Celles-ci contractent entre elles des liaisons, constituent des unités plus complexes, au sein desquelles chaque principe perd certains de ses caractères. En 1928, a été isolé du sérum sanguin de cheval [10], une « *cénapse* » renfermant sensiblement : 59 % d'une protéine particulière, 18 % d'esters cholestériques, 23 % de phospho-amino-lipides. Cette matière, en dépit de la nature de ses constituants si différents, est aisément dispersable en milieu aqueux à pH 6,5 et se comporte dans le champ électrique comme une substance homogène. Cette cénapse subit cependant, suivant les circonstances physiologiques (la dénutrition, par exemple), des variations notables dans l'équilibre de ses constituants. Du plasma d'autres espèces animales, du plasma humain et même d'extraits tissulaires, ont été extraites d'autres cénapses lipoprotéiniques, variées dans leur composition et leurs conditions de précipitation [11]. Par une méthode de traitement fort ménagée (dialyse, acidification légère) l'on a pu extraire du sérum l'euglobuline III, lipoprotéine renfermant 30-32 % d'un mélange à parties égales de stérides, phosphatides, glycérides, disparaissant en certaines

---

(10) M. Macheboeuf, *Thèse Médecine*, Paris, 1928; *Bull. Soc. Chim. biol.*, **11**, 1929, p. 268 et 483.

(11) *Voir* notamment, *Lipoproteins, Discussions of the Faraday Society*, n° 6, 1949.

circonstances pathologiques, représentant en d'autres la totalité des euglobulines sériques ([12]). Les membranes protoplasmiques ont aussi les caractères de lipoprotéines. Les physico-chimistes nous disent quelles forces de liaison créent ces combinaisons naturelles et comment eau et électrolytes interviennent dans leurs propriétés ([11]).

Il nous faut aller plus loin. Les *protoplasmes* — matière vivante par excellence — constituent des milieux complexes, où principes protéiques, lipidiques, glucidiques, eau et sels minéraux, s'associent en des proportions qui, en les conditions physiologiques, se meuvent entre des limites relativement étroites. Or, un protoplasme, tant qu'il est vivant, nous apparaît comme homogène, optiquement vide; il a des caractères propres, que la connaissance même avancée de ses constituants ne permet pas de complètement prévoir. En forçant, il est vrai, le sens du mot, l'on pourrait dire que les protoplasmes sont des cénapses de plus haute complication que les précédentes. L'expression « matière vivante », à certains égards fort critiquable, a cependant un sens; mais elle correspond à une gamme de réalités, à des unités d'un ordre plus élevé que toutes celles que le chimiste est habitué à démonter, analyser, reproduire.

Il ne suffit point de qualifier les vivants par leurs *matériaux de construction*; il le faut faire aussi par les *actes chimiques* qu'ils accomplissent et les moyens par lesquels ils les effectuent. Or, la chimie physiologique — c'est son caractère le plus éminent — fait appel, d'une façon permanente et ordonnée, à d'innombrables *catalyseurs* qui sont bien particuliers au monde vivant :

Vitamines, disparates du point de vue chimique, dotées de groupements actifs très variés, dont les animaux requièrent la présence dans leurs aliments à de faibles doses (chez l'Homme, de quelques dizaines de milligrammes à moins d'un millième de milligramme quotidiennement). Sans axerophtol, acides pantothénique et folique, il y a suspension des *synthèses physiologiques*, défaillance du phénomène d'assimilation; sans acide ascorbique, riboflavine, nicotylamide.., déséquilibre de ces *phénomènes d'oxydo-réduction*, qui sont parmi les plus fondamentaux de la Biochimie, etc.

Enzymes (ou diastases), émigrant ou non hors des cellules sécrétrices, les plus spécifiques des catalyseurs, constitués par des protéines ou des protéides à copule nucléique ou hématinique, parfois liés à des métaux (Mg, Mn, Cu, Zn), parfois à des vitamines, oligoéléments et vitamines trouvant ainsi la justification de leur caractère indispensable. *Dépoly-*

([12]) R. VARGUES et G. SANDOR, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1146.

mérisations, *hydrolyses*, *oxydations* et *réductions*, *transports d'hydrogène*, *d'acide phosphorique*, *de groupements aminés*, *ruptures moléculaires*, *coagulations*, *synthèses*, etc., tout dépend d'eux. Claude Bernard disait déjà qu'ils contiennent le « secret de la vie ». Asymétriques, ils sont présents à toutes les étapes des synthèses asymétriques.

Hormones des glandes endocrines, bien différentes les unes des autres chimiquement (dérivés simples d'amino-acides, protéines, corps stéroliques), qui assurent les *corrélations fonctionnelles humorales*, règlent les métabolismes (eau, électrolytes, glucides), influencent croissance et métamorphose, l'apparition des caractères sexuels, la gestation, la reproduction à toutes ses étapes, accélèrent ou inhibent des activités diastasiques, contrôlent d'autres activités endocriniennes.

La vie végétale, comme la vie animale, dépend d'un monde d'*agents de croissance*, de *diastases*, de *substances hormonales*.

Et ne sommes-nous pas en droit de considérer comme catalyseurs ces *gènes*, dont nous avons dit la nature chimique, qui agissent, indirectement, par l'intermédiaire de substances diastasiques ou hormonales, ou directement, quand, avec le concours de constituants cellulaires, ils réalisent, au cours des divisions, cet étonnant phénomène qu'est leur *auto-reproduction*? Leur façon d'être les rapproche des *virus*, eux aussi grosses molécules nucléoprotéidiques, doués du pouvoir de s'autoreproduire, certains obtenus cristallisés (virus de la mosaïque du tabac, Stanley, 1935). Sommes-nous en présence de simples molécules chimiques ou d'êtres vivants ? Bactéries dégradées ayant perdu certains de leurs constituants et certaines de leurs fonctions, réduites à n'être guère plus qu'une substance chimique aisément définissable, suivant les conceptions d'A. Boivin et de A. Lwoff, ou bien substance chimique en marche vers la matière vivante, premier effort de la matière pour se dégager de la « chose » et s'élever à l'« l'Être », suivant les vues de l'École soviétique avec Bochian et Olga Lepechinskaïa ? Nous sommes à la frontière de la vie et de la non-vie.

Biocatalyseurs, les « *organisateurs* », qui gouvernent le développement embryonnaire; les « *médiateurs* », qui assurent les relations interneuronales, éclairent les processus d'action des terminaisons nerveuses; les *exotoxines* microbiennes, qui provoquent chez l'hôte, par ce processus de moulage que suggère L. Pauling ([13]), la formation d'anticorps protéidiques; les *antibiotiques* naturels, qui inhibent des activités diastasiques indispensables au développement microbien.

([13]) *Molecular Architecture and the Processes of Life* (*Sir Jeese Boot Foundation Lecture*, 1948).

Ainsi *la coordination de tous les phénomènes de la vie, la transmission de celle-ci, le maintien des caractères spécifiques, la défense des êtres*, etc. dépendent d'un monde d'*ergones*. Tandis que, de mieux en mieux, nous rapportons les fonctions physiologiques à des substances chimiques bien déterminées, exprimons par des transformations matérielles les comportements de la matière vivante, nous voyons tous les grands phénomènes chimiques de la vie — assimilation du carbone et de l'azote, synthèses protéidiques, oxydo-réductions, etc. — sous la dépendance d'innombrables catalyseurs spécifiques. *La Biochimie est par excellence une Chimie catalytique.*

Résumons-nous en une formule qui pourrait être la définition que nous cherchons :

« *La vie, qui met en œuvre une trentaine des éléments chimiques que comporte la matière universelle, est le développement, en des circonstances physico-chimiques favorables, de la chimie du carbone, développement marqué par :*

« 1° *la formation de grosses molécules dissymétriques, s'associant en unités plus complexes* ;

« 2° *des processus bien coordonnés d'oxydation et de réduction, de dégradation et de synthèse* ;

« 3° *l'activité équilibrée d'un grand nombre de catalyseurs spécifiques et l'aptitude de certains d'entre eux à l'auto-reproduction.* »

Sans doute, de grosses molécules se rencontrent dans le monde minéral, des molécules dissymétriques sont artificiellement réalisables et la catalyse est partout. Cependant, *macromolécules, dissymétrie, catalyse* apparaissent avec une élection particulière chez les Êtres vivants.

Sans doute aussi, ne serait-il pas déraisonnable de reconnaître, qu'au point de vue de leurs réactions essentielles, il y a une certaine unité entre tous les Êtres, au sens le plus général de ce mot : les vivants et les non-vivants [14]. Vision certes colorée de quelque poésie, mais qui ne saurait dissimuler à notre attention tout ce qui imprime au vivant des caractères que nous serions bien embarrassés de reconnaître à la matière inanimée : adaptation, au sens profond de ce mot, coordination des actes chimiques, assimilation, individualité, sensibilité, autonomie, obéissance à l'instinct, et, au sommet, avènement de la pensée réfléchie, aptitude à connaître et conscience de cette aptitude, pouvoir d'invention rationnelle, spiritualisation accrue, perfectibilité entrevue [15], [16].

---

(14) G. Monod-Hersen, *L'image du monde*, Gallimard, 1950.

(15) L. Bounoure, *L'autonomie de l'être vivant*, Presses universitaires, 1948.

(16) P. Teilhard de Chardin, *Comment je vois* (inédit), 1948.

Qu'il me suffise d'avoir tenté de montrer que la Chimie a sa façon de comprendre le vivant, qu'elle peut l'exprimer sans emprunter termes et points de vue, ou à d'autres Sciences, ou à la Philosophie, ou à la Foi. Cuvier a dit de la vie qu'elle est « un tourbillon à direction constante, dans lequel la forme est plus importante que la matière ». Puisse sa grande ombre m'excuser d'avoir souligné que *la matière est aussi essentielle que la forme et parfois la commande.*

La vie est cependant autre chose que principes et réactions chimiques. « La vie, a-t-on dit, c'est une activité qui endure, s'insurge, grandit, se multiplie, se développe, enregistre, évolue » ([17]). Sans doute. Aussi chacun voudra-t-il ajouter à notre schéma, volontairement maintenu dans le cadre de la chimie, bien d'autres notions, dont je vous laisse le soin de rechercher celles qui vous paraîtront le plus marquées de sens et de vérité.

Je donne la parole à M. **Robert Courrier**, Secrétaire perpétuel, pour la lecture des prix et subventions.

([17]) P. de Saint-Seine, *Découverte de la vie*, Bloud et Gay, Paris, 1948.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1951.

MATHÉMATIQUES.

Commissaires : MM. J. Hadamard, É. Borel, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès.

PRIX CARRIÈRE (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Daniel Dugué**, professeur à la Faculté des sciences de Caen, pour ses travaux sur la théorie des fonctions. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX LEONARD EUGENE DICKSON (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Gustave Choquet**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux d'analyse mathématique. *Rapporteur :* M. A Denjoy.

MÉCANIQUE.

Commissaires : MM. É. Borel, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot, H. Beghin, M. Roy.

PRIX MONTYON (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Maurice Roseau**, attaché de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur la théorie des ondes et la Mécanique des fluides. *Rapporteur :* M. H. Villat.

PRIX PONCELET (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **Joseph Kampé de Fériet**, professeur à la Faculté des sciences de Lille, pour l'ensemble de ses travaux sur la Mécanique des fluides et les théories statistiques qui s'y rattachent. *Rapporteur :* M. J. Pérès.

ASTRONOMIE.

Commissaires : MM. A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, P. Montel, B. Lyot, A. Danjon.

PRIX ANCEL (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean-François Denisse**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux de radioastronomie solaire. *Rapporteur :* M. A. Danjon.

GÉOGRAPHIE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, Ch. Pérez, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne, R. Courrier, D. Cot, G. Poivilliers.

PRIX TCHIHATCHEF (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marcel Ichac**, explorateur, grâce à l'initiative et aux observations duquel l'expédition française de 1950, à l'Himalaya, a rapporté des documents scientifiques importants sur des régions encore inexplorées. *Rapporteur :* M. Ch. Jacob.

PHYSIQUE.

Commissaires : MM. M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Becquerel, J. Cabannes, G. Ribaud, L. Leprince-Ringuet, N....

PRIX HENRI DE PARVILLE (18.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Rouard**, professeur à la Faculté des sciences de Marseille, pour ses travaux sur les lames minces. *Rapporteur :* M. A. Pérard.

PRIX PIERSON-PERRIN (14.000fr). — Le prix est décerné à M. **Fernand Fournier**, chef des services physiques au Centre d'études et recherches des Charbonnages de France, pour ses travaux intéressant la radiotélégraphie, l'artillerie et la biologie. *Rapporteur :* M. C. Gutton.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE. — Deux prix de 15.000fr sont décernés :

— à M. **Pierre Tauzin**, directeur de la poudrerie de Vonges, pour ses travaux sur la photophorèse; *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

— à M. **Roger Servant**, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour ses travaux d'optique et de radioélectricité. *Rapporteur :* M. J. Cabannes.

CHIMIE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Delépine, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, P. Jolibois, R. Courrier, L. Hackspill, P. Pascal, Ch. Dufraisse.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES (10.000fr). — Le prix est décerné à M. l'ingénieur général **Georges Fleury**, directeur des poudres, pour ses recherches sur les poudres colloïdales. *Rapporteur :* M. P. Jolibois.

PRIX JECKER (18.000fr). — Le prix est décerné à M. **Albert Kirrmann**, doyen honoraire de la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux de chimie organique. *Rapporteur :* M. Ch. Dufraisse.

MÉDAILLE BERTHELOT. — La médaille est décernée à M. l'ingénieur général **Georges Fleury**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

PRIX HOUZEAU ((10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Courtois**, professeur à la Faculté de pharmacie de Paris, pour l'ensemble de ses travaux organiques et biologiques. *Rapporteur :* M. Ch. Dufraisse.

PRIX SCHÜTZENBERGER (24.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Chaudron**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de chimie minérale. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Cotton, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, Em. de Margerie, R. Courrier, A. Michel-Lévy, P. Fallot.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET (16.000fr). — Le prix est décerné à M. **Robert-Julien Hoffstetter**, professeur à l'École polytechnique de Quito, pour son étude sur les Vertébrés quaternaires de la République de l'Équateur. *Rapporteur :* M. CH. JACOB.

PRIX JAMES HALL (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Bernard Gèze**, professeur à l'Institut national agronomique, pour son mémoire intitulé : *Étude géologique de la Montagne noire et des Cévennes méridionales. Rapporteur :* M. P. FALLOT.

PHYSIQUE DU GLOBE.

Commissaires : MM. E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, J. Chazy, Em. de Margerie, B. Lyot, F. Joliot, R. Courrier, J. Cabannes.

FONDATION FERNAND HOLWECK (56.000fr). — Un prix est décerné à M. **Pierre Lejay**, membre de l'Académie des sciences, pour son œuvre gravimétrique. *Rapporteur :* M. CH. MAURAIN.

BOTANIQUE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, Ch. Pérez, A. Chevalier, Em. de Martonne, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim, R. Combes, N....

PRIX MONTAGNE (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Édouard-Jean Gilbert**, docteur en pharmacie, pour l'ensemble de ses travaux sur les Champignons supérieurs. *Rapporteur :* M. R. HEIM.

PRIX FOULON (15.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jules Offner** maître de conférences honoraire à la Faculté des sciences de Grenoble, pour l'ensemble de ses travaux de phanérogamie et de cryptogamie. *Rapporteur :* M. R. SOUÈGES.

ÉCONOMIE RURALE.

Commissaires : MM. Em. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, É. Schribaux, M. Javillier, A. Chevalier, R. Courrier, A. Demolon, A. Mayer.

PRIX FOULON (15.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Boischot**, ingénieur agronome, pour ses travaux sur les sols calcaires. *Rapporteur :* M. A. DEMOLON.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Commissaires : MM. M. Caullery, Ch. Pérez, P. Portier, É. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé.

PRIX POUCHARD (15.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Cazal**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Montpellier, pour ses recherches sur le complexe endocrine-rétrocérébral chez les Insectes. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Commissaires : MM. Em. Leclainche, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, H. Hartmann, R. Leriche, N.

PRIX MONTYON (25.000fr). — Le prix est décerné à M. **Max-Fernand Jayle**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux de biochimie, en particulier sur les stéroïdes urinaires. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX BRÉANT. — Un prix de 20.000fr est décerné à M. **Paul Giroud**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour ses travaux d'ensemble sur les Rickettsioses. *Rapporteur :* M. G. Ramon.

PRIX CHAUSSIER (16.000fr). — Le prix est décerné à M. **Guy Lazorthes**, professeur à la Faculté de médecine de Toulouse, pour son ouvrage intitulé : *Le système neuro-vasculaire. Rapporteur :* M. Ch. Laubry.

PRIX JEAN TOY (100.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Portier**, membre de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de son œuvre physiologique, à l'occasion du cinquantième anniversaire de la découverte de l'anaphylaxie. *Rapporteur :* M. L. Binet.

CANCER ET TUBERCULOSE.

Commissaires : MM. M. Caullery, L. Lapicque, J. Jolly, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, A. Lacassagne.

PRIX BARIOT-FAYNOT (8.000fr). — Le prix est décerné à M. **Gabriel Devic**, interne des Hôpitaux de Lyon, pour son ouvrage intitulé : *Chirurgie expérimentale de la veine porte. Rapporteur :* M. R. Leriche.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX (60.000fr). — Un prix est décerné à M. **Léopold Nègre**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour son ouvrage intitulé : *Les lipoïdes dans les bacilles tuberculeux et la tuberculose. Rapporteur :* M. G. Ramon.

PRIX LOUISE DARRACQ. — Un prix de 12.000fr est décerné à M. **Bernard Ninard**, chef de service à l'Institut d'hygiène du Maroc, à Rabat, pour son ouvrage intitulé : *Tumeurs du foie. Rapporteur :* M. A. Lacassagne.

PHYSIOLOGIE.

Commissaires : MM. M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier, P.-P. Grassé.

PRIX MONTYON (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Raoul Husson**, docteur ès sciences, pour sa thèse intitulée : *Étude des phénomènes physiologiques et acoustiques fondamentaux de la voix chantée. Rapporteur :* M. L. LAPICQUE.

PRIX PHILIPEAUX (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Dejours**, assistant à la Faculté de médecine de Paris, pour son travail sur l'adaptation du rein à la surcharge en cristalloïdes chez le Rat. *Rapporteur :* M. L. BINET.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

Commissaires : MM. L. de Broglie, R. Esnault-Pelterie, É.-G. Barrillon, A. Portevin, A. Pérard, G. Ramon, R. Courrier, P. Chevenard, R. Barthélemy, G. Darrieus, H. Parodi.

PRIX CAMÉRÉ (10.000fr). — Le prix est décerné à M. le Marquis **Raymond de Fleury**, ingénieur des arts et manufactures, pour ses travaux sur la transposition des matériaux de construction. *Rapporteur :* M. A. PORTEVIN.

STATISTIQUE.

Commissaires : MM. É. Borel, L. Blaringhem, Ch. Maurain, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, R. Courrier, N....

PRIX MONTYON (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Thionet**, administrateur à l'Institut national de statistique, pour ses travaux de statistique mathématique, notamment sur les méthodes de statistique administrative. *Rapporteur :* M. E. BOREL.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

Commissaires : MM. É. Borel, M. Caullery, M. Delépine, H. Villat, L. de Broglie, Ch. Pérez, J. Chazy, P. Montel, R. Courrier.

PRIX BINOUX (16.000fr). — Le prix est décerné à M. **Alexandre Koyré**, directeur d'études à l'École pratique des hautes études, pour ses travaux d'histoire des sciences au XVIIe siècle. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

OUVRAGES DE SCIENCES.

Commissaires: MM. M. Javillier, A. Caquot, L. de Broglie, R. Courrier, É. Borel, M. Caullery, M. de Broglie.

PRIX HENRI DE PARVILLE (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Favard**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Espace et Dimension. Rapporteur :* M. É. BOREL.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : Grand prix des sciences physiques (25.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, L. Blaringhem, M. Delépine, Ch. Pérez, A. Chevalier, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Louis Gallien**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux sur l'embryologie expérimentale des batraciens. *Rapporteur :* M. M. CAULLERY.

PRIX SERRES (15.000fr). — Commissaires : MM. Em. Leclainche, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, E. Roubaud, L. Binet, R. Souèges, R. Courrier, P.-P. Grassé.

Le prix est décerné à M. **Antoine Giroud**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux d'embryologie appliquée à la médecine. *Rapporteur :* M. R. COURRIER.

PRIX PETIT D'ORMOY (Sciences naturelles) (100.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud, L. Binet, R. Souèges, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Paul Ancel**, correspondant de l'Académie des sciences, professeur honoraire à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour ses travaux et son ouvrage sur la tératogenèse chimique. *Rapporteur :* M. M. CAULLERY.

PRIX PARKIN (10.000fr). — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, L. Lapicque, M. Javillier, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Joseph Sivadjian**, assistant à l'Institut Pasteur, pour ses travaux intéressant la physiologie et la pharmacodynamie. *Rapporteur :* M. M. JAVILLIER.

PRIX D'AUMALE (20.000fr). — Commissaires : MM. M. Javillier, A. Caquot; L. de Broglie, R. Courrier; É. Borel, G. Bertrand.

Le prix est décerné à M. **Maximilien Sorre**, professeur à la Faculté des lettres de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Les fondements de la géographie humaine*. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

PRIX CHARLES-LOUIS DE SAULSES DE FREYCINET. — Mêmes Commissaires que pour le prix d'Aumale.

Un prix de 25.000fr est décerné à MM. **Max Aron**, professeur et **Claude Aron**, assistant à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour leur ouvrage intitulé : *Éléments d'endocrinologie physiologique ;*

Un prix de 10.000fr est décerné à M. **René Grangaud**, professeur à la Faculté de médecine et de pharmacie d'Alger, pour son mémoire intitulé : *Recherches sur l'astaxanthine, nouveau facteur vitaminique* A.

Rapporteur : M. R. COURRIER.

PRIX HENRI BECQUEREL. — Mêmes Commissaires que pour le prix d'Aumale.

Deux prix de 15.000fr sont décernés :

— à M. **Georges Roux**, chef du service de physique du globe et de météorologie de l'Institut scientifique chérifien, à Rabat, pour ses études relatives à l'Océanographie physique des côtes du Maroc;

— à M. **Henri Lacombe**, ingénieur hydrographe, pour ses travaux sur les phénomènes qui affectent les masses océaniques.

Rapporteur : M. L. DE BROGLIE.

PRIX Mme VICTOR NOURY (13.000fr). — Mêmes Commissaires que pour le prix d'Aumale.

Le prix est décerné à M. **Raymond Schnell**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour son ouvrage intitulé : *La forêt dense. Introduction à l'étude botanique de la région forestière d'Afrique occidentale. Rapporteur :* R. Courrier.

PRIX CHARLES DUPIN (12.000fr). — Commissaires : MM. E. Borel, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon, N....

Le prix est décerné à M. **Pierre Sizaire**, capitaine de vaisseau, pour l'ensemble de ses travaux d'astronomie nautique. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

PRIX GÉNÉRAL MUTEAU. — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Portevin, R. Courrier.

Deux prix de 20.000fr sont décernés :

— à M. **Émile Miège**, ingénieur agricole, pour ses recherches agronomiques en Afrique du Nord, principalement au Maroc;

— au R. P. **Charles Tisserant**, botaniste de la Station de Boukoko, par Bangui (A. E. F.), pour ses travaux d'exploration botanique du centre de l'Afrique.

Rapporteur : M. A. Chevalier.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS (17.000fr). — Commissaires : MM. M. Javillier, L. de Broglie, R. Courrier, J. Cabannes, G. Ribaud, G. Bertrand, P. Lebeau, P. Portier, L. Binet.

Le prix est décerné à M. **Édouard Lemétayer**, directeur de l'annexe de l'Institut Pasteur de Garches, pour son mémoire sur *L'anémie infectieuse des Équidés. Rapporteur :* M. M. Javillier.

PRIX ERNEST DECHELLE (14.000fr). — Commissaires : MM. L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barillon, A. Denjoy, A. Pérard, J. Cabannes.

Le prix est décerné à M. **Jean Lefol**, ingénieur civil des constructions navales, pour ses travaux sur les hélices propulsives. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES ET UNIVERSITÉS.

PRIX LAPLACE. — Deux prix sont décernés :

— à M. **Jacques Lesourne**, né à La Rochelle (Charente-Maritime), le 26 décembre 1928, sorti premier de l'Ecole polytechnique de la promotion 1948;

— à M. **Robert Kouchelevitz**, né à Paris, Xe arrondissement, le 1er février 1928, sorti premier de l'Ecole polytechnique de la promotion 1949.

PRIX L.-E. RIVOT et LAMB. — Les prix suivants sont attribués aux huit élèves de l'École polytechnique, sortis en 1951, avec le no 1 ou 2 dans les corps des Mines et des Ponts et chaussées :

Promotion 1948 :

— M. **Jacques Lesourne**, entré premier à l'École des mines, reçoit 15.000fr;

— M. **Georges Besse**, entré second à l'École des mines, reçoit 10.000fr;

— M. **Jean Dupont**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 15.000fr;

— M. **Thierry Crouslé**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 10.000fr.

PROMOTION 1949 :

— M. **Robert Kouchelevitz**, entré premier à l'École des mines, reçoit 15.000fr;

— M. **Jacques Boisse**, entré second à l'École des mines, reçoit 10.000fr;

— M. **André Bouzy**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 15.000fr;

— M. **Pierre Durand-Rival**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 10.000fr.

FONDATION GIRBAL-BARAL (10.000fr). — Commissaires : MM. M. Javillier, A. Caquot, L. de Broglie, R. Courrier; E. Borel, G. Bertrand.

Un prix est décerné à M. **François Girard**, interne des Hôpitaux de Paris, auteur de recherches concernant la régulation de la respiration.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION LOUTREUIL. — Conseil : MM. M. Javillier, L. de Broglie, R. Courrier, É. Borel, G. Bertrand, M. de Broglie.

Les subventions suivantes sont accordées :

— 25.000fr à M. **Donatien Cot**, membre de l'Académie des sciences et du Bureau des Longitudes, pour l'établissement des Tables destinées à faciliter le calcul numérique des fonctions elliptiques de Weierstrass;

— 90.000fr à M. **Maurice Fontaine**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'achat d'un stato-sörensenmètre, appareil de mesure du pH.

— 45.000fr à M. **Jean Cournot**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour contribuer à l'achat d'un extensomètre à réglette Amsler d'amplification 50.

— 10.000fr à l'**Almanach des sciences**, pour aider à sa publication.

— 10.000fr à l'**École polytechnique**, pour sa Bibliothèque;

— 10.000fr à la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale**, pour sa Bibliothèque.

Rapporteur : M. L. DE BROGLIE.

LECTURE.

M. LOUIS DE BROGLIE, Secrétaire perpétuel, lit une *Notice sur la Vie et l'Œuvre de Hendrik Antoon Lorentz, Associé étranger de l'Académie.* Cette Notice sera imprimée dans le recueil des *Notices et discours*, t. III.

L. B., R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 19 DÉCEMBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Ivan Giaja**, Professeur à la Faculté des Sciences de Belgrade, Membre de l'Académie serbe des Sciences, et **Radivoj Kasanin**, Recteur de l'Université technique de Belgrade, Président de l'Institut mathématique de l'Académie serbe, qui assistent à la séance.

M. le **Président** signale à l'Académie que, en raison des fêtes de Noël et du Jour de l'An, il n'y aura pas de séance les lundis 24 et 31 décembre 1951.

En conséquence, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 2 janvier 1952.

M. **Émile Borel** rend compte de la Session de l'**Institut international de Statistique** où il représente l'Académie.

ASTRONOMIE. — *Étude spectroscopique de la rotation de la couronne solaire.* Note de MM. **Bernard Lyot** et **Audouin Dollfus**.

La comparaison des longueurs d'onde des raies de la couronne aux bords Est et Ouest a été effectuée avec le coronographe du Pic du Midi et une dispersion de 4 Å : mm. La raie verte est partiellement superposée à une raie solaire. La raie rouge donne pour la rotation synodique de la basse couronne 26,8 jours, avec une erreur probable inférieure à 2 jours, principalement attribuable à des mouvements locaux qui ne dépassaient pas en moyenne 0,5 km : s.

La période de rotation de la basse couronne peut être déterminée en comparant les longueurs d'onde d'une même radiation coronale près des bords Est et Ouest du Soleil.

Campbell [1] effectua cette comparaison avec la raie verte sur un spectre

---

(1) *Aph. J.*, 1899, 10, p. 186.

obtenu pendant l'éclipse de 1898 avec une dispersion voisine de 10 Å : mm; il obtint une période synodique de 19 jours avec une précision qui ne pouvait pas dépasser 30 %.

A l'éclipse de 1914, Bosler ([2]) découvrit la raie rouge de la couronne, mesura son déplacement d'un bord à l'autre du Soleil avec une dispersion de 32 Å : mm et conclut à une période voisine de 17 jours, avec une précision d'environ 30 %.

Avec un spectre dont la dispersion variait de 8 à 19 Å : mm obtenu à l'éclipse de 1936, Tanaka, Koan et Kondô ([3]) trouvèrent, par la moyenne des mesures effectuées sur six raies peu intenses du bleu et du violet, une période synodique de 24 jours avec une erreur qu'ils estimaient à 4 %. Toutefois, la fente du spectrographe était radiale, toutes les mesures se rapportaient ainsi à deux mêmes régions peu étendues de la couronne, elles peuvent avoir été altérées par des mouvements locaux.

Le coronographe permet de faire de longues poses pour augmenter le nombre et l'échelle des clichés; il peut donc donner des résultats plus précis. En 1932, l'un de nous ([4]) a comparé, sur 36 spectres obtenus au Pic du Midi, avec 5 Å : mm, la longueur d'onde de la raie 5302,85 à celles des raies de Frauenhofer de la lumière diffusée, aux bords Est et Ouest; il trouva une valeur incertaine, de 49 jours environ. Deux phénomènes contribuaient à augmenter la période apparente : la raie d'absorption 5302,31 en partie superposée à la large raie coronale altère son profil plus profondément à l'Est qu'à l'Ouest lorsque ces deux côtés de la couronne ont même brillance. Les raies repères proviennent principalement des régions de la photosphère les plus voisines du point de la couronne observé lorsque la diffusion est produite par de grosses particules et elles sont légèrement déplacées dans le sens de la rotation.

En 1936 ([5]), deux séries de spectres montrant la raie verte plus intense ont donné des périodes de 23 et 31 jours.

En 1946, Waldmeier ([6]) a obtenu, avec la raie verte et par la même méthode, une rotation en 29 jours pour laquelle il indiquait une erreur de 20 %.

Étude de la précision. — La détermination de la position d'une raie spectrale équivaut à la comparaison photométrique de ses deux bords;

([2]) *Comptes rendus*, **160**, 1915, p. 434.

([3]) *Proc. Phys. Mat. Soc. Japan*, **19**, 1937, p. 693.

([4]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 443.

([5]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1327.

([6]) *Astr. Mittel. Eidg. Sternw*, Zurich, n° **147**.

elle est donc limitée sur un cliché par la fluctuation de la granulation de l'émulsion.

Soit une raie photographiée avec un système de dispersion angulaire D, dont l'image de brillance moyenne R est superposée à un fond de brillance F. Soit L sa longueur, l sa largeur supposée assez grande pour que l'on puisse négliger la diffusion dans la gélatine, G la fluctuation relative de la granulation pour l'opacité moyenne de ses bords et Γ le contraste correspondant, l'erreur sur la longueur d'onde de cette raie est sensiblement proportionnelle à $(1/D)\left(G/\Gamma\sqrt{Ll}\right)\sqrt{1+(F/R)}$.

On peut augmenter la longueur focale de la chambre et par conséquent le facteur $\sqrt{Ll}$ proportionnellement à $\sqrt{St}$, S étant la sensibilité de l'émulsion et t le temps de pose; c'est pourquoi nous avons choisi une émulsion Agfa Rot-Hard dont le rendement photométrique $\Gamma\sqrt{S}/G$ est très élevé. L'image était donnée, dans le deuxième ordre, par un réseau de 570 traits par millimètre et 8 cm de longueur striée; elle était agrandie par une lentille divergente autant que le permettait le temps de pose eu égard aux déplacements de l'image sur la plaque. Ce temps de pose pouvait atteindre 1 h; la dispersion linéaire était portée sur la plaque à 4 Å : mm. La raie coronale avait pour largeur 250 μ, les raies de Frauenhofer 80 μ.

L'augmentation de la dispersion angulaire D, ou de la surface dispersive, permettrait d'accroître proportionnellement la largeur de la fente et, par suite, la luminosité.

Choix d'un repère de position. — Pour éviter d'utiliser les raies de Frauenhofer, nous avons comparé directement les positions des raies du bord Est à celles du bord Ouest à l'aide du dispositif suivant : un miroir incliné, ajouré en forme de grille, est interposé devant la fente du spectrographe; les barreaux ont même largeur que les intervalles. La lumière de l'un des bords solaires éclaire la fente à travers les intervalles; celle de l'autre bord, renvoyée par un prisme sur les barreaux réfléchissants, vient éclairer la fente entre les portions relatives à l'autre bord. Le prisme est orienté de manière que les pupilles des deux images coïncident sur le réseau; la traversée du prisme compense exactement la différence des trajets des deux faisceaux en assurant une même mise au point des deux images sur la fente.

Mesure des clichés. — Nous avons cherché une méthode de mesure qui permette d'atteindre la précision imposée par la nature granulaire de l'émulsion. Pour les raies larges de la couronne, le micromètre à fil donnait une précision quatre fois trop faible. Le stéréocomparateur dans lequel nous avons placé deux reproductions symétriques du cliché montre les deux bords à des distances différentes; la précision était encore deux fois trop faible. Par le procédé de Evershed, nous avons superposé la plaque

et son image négative symétrique, afin de réaliser la disparition de la raie successivement pour chacun des bords solaires; la précision, limitée par la sensibilité de l'œil, restait encore un peu insuffisante.

Nous avons préféré tracer les profils photométriques complets des raies avec le microphotomètre; l'axe de symétrie des profils est déterminé par le lieu des milieux d'un grand nombre de cordes, ou bien par la superposition de chaque profil avec son image symétrique donnée par un calque. Les différentes portions imbriquées des bords Est et Ouest du spectre étaient amenées devant la fente du microphotomètre par translation le long d'un miroir optiquement plan. Une combinaison convenable des clichés et des mesures éliminait les faibles erreurs que peuvent introduire la courbure des raies et la coïncidence non exacte des deux pupilles.

Mesure de la raie verte. — Trois clichés obtenus le 12 avril 1942 avec une fente passant à 1 mn du bord solaire ont fourni une durée de rotation synodique de 30 jours, déterminée avec une erreur qui peut encore dépasser 5 jours en raison de la présence de la raie 5302,31 Å. Les raies de Frauenhofer diffusées étaient affectées d'une rotation apparente six fois plus lente que celle du bord solaire.

Mesure de la raie rouge. — Cette radiation brille dans une région spectrale remarquablement dépourvue de raies d'absorption; son profil n'est aucunement altéré. Deux clichés du 24 juillet 1942 montrent 12 portions de raies, alternativement Est et Ouest, leur déplacement relatif atteint 17,2 μ. L'erreur attribuable à la granulation est, en moyenne, pour chacune des six déterminations, 1,3 μ. La dispersion des mesures, 2,6 μ, s'explique par les mouvements locaux de la couronne, qui apparaissent bien par l'observation stéréoscopique et la méthode de Evershed. Leur valeur moyenne est seulement 0,5 km : s environ. En raison de la longueur de la fente et du fait que la raie coronale est émise le long du rayon visuel à des altitudes différentes, la mesure correspond à une distance au bord solaire voisine de 1,5′. Si l'on suppose que la couronne tourne comme un corps solide, la durée de rotation synodique ramenée au bord solaire à l'équateur serait 26,8 jours, à rapprocher de la rotation de la photosphère qui est 27,25 jours. L'erreur probable est inférieure à 2 jours.

La théorie cinétique des gaz prévoit un ralentissement avec l'altitude que des mesures plus nombreuses, réduisant l'effet des mouvements locaux et des variations locales de la brillance de la couronne le long du rayon visuel, permettront de rechercher.

CHIMIE DES COMPLEXES. — *Action de la lumière sur la solution chloroformique du trichlorure d'iridium tripyridiné*-1.2.6. (II). Note de M. **Marcel Delépine**.

On montre, notamment, que lors de cette action, l'eau favorise la production du trichlorure d'iridium aquo-dipyridiné 1.6 et l'acide chlorhydrique, celle de l'iridium dipyridino-1.6 tétrachlorure de pyridine. Ces résultats s'interprètent en admettant qu'un monomère non saturé $IrPy_2Cl_3$ (avec Py_2 en 1.6), résultant de la perte de la pyridine en 2 dans le composé $IrPy_3Cl_3$ 1.2.6, fixe l'eau et l'acide chlorhydrique; la partie non utilisée se polymérise.

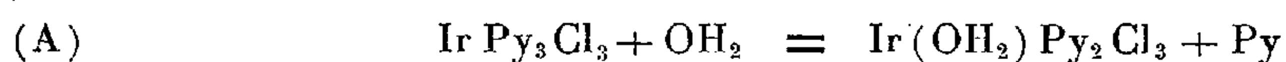
Dans une Note précédente (1) limitée à la caractérisation des produits résultant de l'action de la lumière sur les solutions chloroformiques de trichlorure d'iridium tripyridiné-1.2.6, on n'a pas effleuré l'interprétation des résultats. En se reportant aux multiples expériences d'illumination, soit au soleil, soit à la fenêtre du laboratoire, on s'est aperçu qu'avec le chloroforme ordinaire ou avec du chloroforme séché sur du chlorure de calcium, on récolte plus d'iridium-dipyridinotétrachlorure de pyridine $[IrPy_2Cl_4]$ PyH et moins de trichlorure d'iridium aquo-dipyridiné, $Ir(OH_2)Py_2Cl_3$ qu'avec du chloroforme humide. Si l'on se sert de chloroforme sec saturé de gaz chlorhydrique, l'expérience ayant été faite un jour de vif soleil (juin 1951), la partie supérieure de la solution jaune se colore instantanément en rouge; par la suite, la couleur rouge se répand dans toute la masse; ce phénomène est dû à la formation d'une trace de chlore, le flacon contenant de l'air et du gaz chlorhydrique au-dessus de la solution; il se forme sans doute un peu de $Ir^{IV}Py_2Cl_4$ dont la coloration est intense, car le dépôt décompose légèrement la solution d'iodure de potassium. Ce détail mis à part, on indique ci-dessous les résultats de quelques-uns des essais effectués. Les pourcentages se rapportent au dépôt essoré du chloroforme, dépôt qui pèse de 80 à 90 % de la substance initiale. Les résultats diffèrent souvent d'une expérience à une autre tentée dans les mêmes conditions initiales; il ne faut pas s'en étonner puisque l'on n'est pas maître de l'insolation à venir; en outre, les analyses ne sont qu'approchées.

		Insoluble en NH_3 $(IrPy_2Cl_3)n$.	*Aquo* $Ir(OH_2)Py_2Cl_3$.	$(IrPy_2Cl_4)PyH$.	Illumination.
1.	$CHCl_3$ humide	12	46	41	Fenêtre
2.	» humide	17	65	peu	Soleil
3.	» + eau liquide	16	70	10	»
4.	» ordinaire	52	10	38	»
5.	» ordinaire	63	25	9	Fenêtre
6.	» sec + ClH (gaz)	14	21	65	»
7.	» saturé de ClH (gaz)	13	19	68	Soleil

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1156.

Par chloroforme ordinaire, il faut entendre le produit commercial, vraisemblablement additionné d'une trace d'alcool. Dans l'expérience 5, on a dosé la pyridine libre et l'on en a trouvé près de 10 % par rapport à la matière initiale; dans l'expérience 3, on en a eu 12 % par rapport au dépôt obtenu. Ces valeurs sont bien en accord avec le fait qu'il y avait peu de sel de pyridine sous forme de dipyridinotétrachlorure (lequel fait disparaître la pyridine libérée).

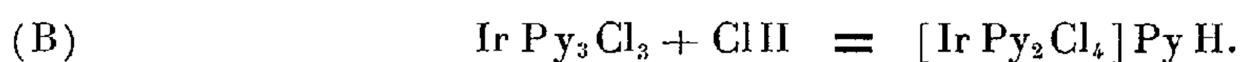
On pourra s'étonner que dans les expériences exécutées avec le chloroforme seul, on trouve du dérivé *aquo*, mais si l'on considère qu'il a fallu 130 parties de chloroforme pour dissoudre une partie de tripyridiné initial et que le changement en *aquo* selon l'équation (A),



(A) $$\mathrm{Ir\,Py_3Cl_3 + OH_2 = Ir(OH_2)\,Py_2Cl_3 + Py}$$

ne nécessite que 0,04 g d'eau par gramme de tripyridiné, on voit qu'il aurait suffi de 0,03 g d'eau pour 100 g de chloroforme; on ne saurait garantir, à moins de précautions minutieuses concernant le chloroforme et les vases, que cette quantité ne s'est pas introduite. Comme d'ailleurs, avec le chloroforme non mouillé, il n'y a que 20 % environ qui se transforment en aquo, la proportion ci-dessus descend à 0,006 g; il faut compter aussi avec l'humidité de l'air qui se trouve au-dessus des solutions.

Quant à la formation de l'iridium dipyridinotétrachlorure de pyridine dans les expériences où l'on ne met pas d'acide chlorhydrique, elle exige la production de cet acide. Celui-ci provient de l'action de la lumière sur le chloroforme; Douglas G. Hill a montré que la vapeur de chloroforme traversée par la lumière ultraviolette se décomposait en acide chlorhydrique (sans chlore), et en produits organiques non déterminés ([2]). On aurait ainsi globalement la réaction :



(B) $$\mathrm{Ir\,Py_3Cl_3 + ClH = [Ir\,Py_2Cl_4]\,Py\,H.}$$

Quoi qu'il en soit, les résultats montrent que si, au lieu de laisser les réactions à leur cours naturel, avec du chloroforme sans plus, on ajoute de l'eau, la réaction (A) est favorisée; si l'on ajoute de l'acide chlorhydrique, c'est la réaction (B).

A ces expériences d'autres ont été ajoutées. Pour l'une, on a mis dans 200 g de solution chloroformique environ un gramme de chlorhydrate de pyridine, sel hygroscopique parfaitement soluble dans le chloroforme; après 7 jours de temps plutôt couvert (du 8 au 15 novembre 1951), la réaction était terminée. Le produit séparé était presque complètement soluble dans l'eau bouillante, c'est-à-dire qu'il s'était formé à peine de polymère (3 %). Le dépôt cristallisé dans l'eau, épuisé par l'alcool méthylique qui dissout aisément l'aquo et à peine le dipyridino-1.6 tétrachlorure de pyridine a fourni 45 % d'aquo et 55 % du

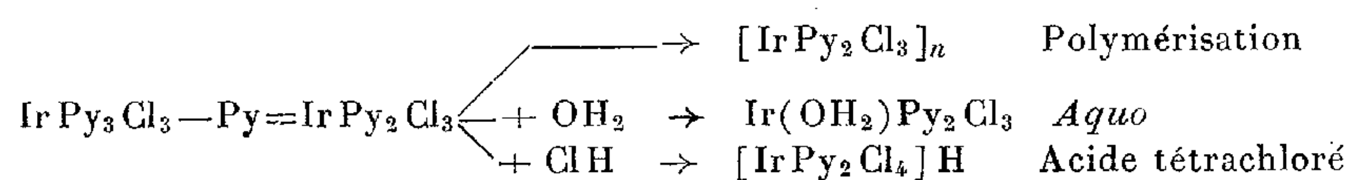
---

([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 39.

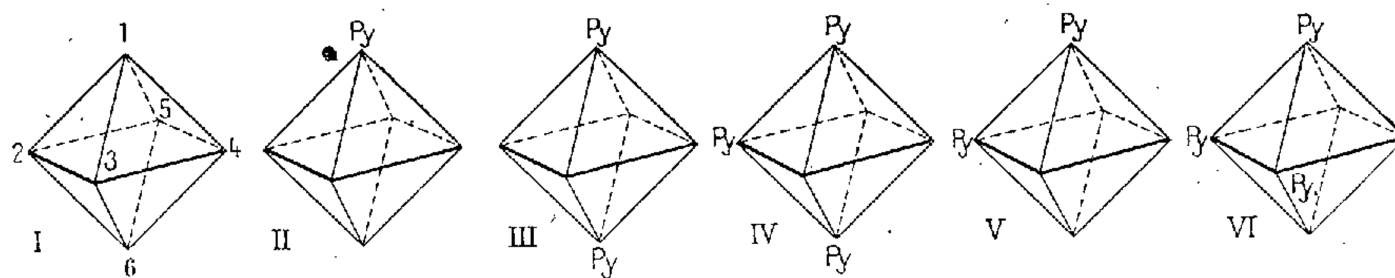
dernier sel. Ce qu'il a été intéressant de constater, c'est que le chloroforme distillé après enlèvement du dépôt contenait de la pyridine libre, comme l'exige la présence de l'aquo et d'un peu de polymère; on l'a prouvé qualitativement en distillant le chloroforme au bain-marie et en épuisant le distillat par l'acide chlorhydrique étendu et précipitant la solution par du dipyridino-1.6 tétrachlorure d'ammonium. Donc, si la décomposition du chloroforme par la lumière donne de l'acide chlorhydrique, elle n'en fournit pas assez pour saturer la pyridine provenant du passage $IrPy_3Cl_3$ à $IrPy_2Cl_3$. Dans cette expérience, une partie de la réaction se passe comme si $IrPy_2Cl_3$ fixait le chlorhydrate de pyridine.

Dans un autre essai, on a additionné 200 g d'une solution chloroformique de 4 cm^3 d'alcool à 96° (ce qui représente 0,20 g d'eau environ). Comme Regnault a rapporté ([3]) que l'alcool empêche la décomposition du chloroforme, il ne devrait pas se former de dipyridinotétrachlorure; on en a trouvé 30 % du dépôt, à côté de près de 65 % de polymère insoluble dans l'ammoniaque, avec à peine d'aquo. Enfin, la formation d'acide chlorhydrique attribuée par Regnault à la présence de l'oxygène, suivant la réaction $CHCl_3 + 1/2\,O_2 = COCl_2 + ClH$, ne saurait être invoquée, car la décomposition a lieu dans un flacon retourné et rempli à 1/2 cm^3 près, ainsi que dans une atmosphère d'hydrogène.

On peut se représenter les processus des réactions comme suit : la lumière provoque l'expulsion d'une molécule de pyridine sur trois, celle située en 2 dans le trichlorure d'iridium-tripyridiné 1.2.6 (IV). Il en résulte un radical $IrPy_2Cl_3$ susceptible de subir trois transformations :



Comme il y a de la pyridine dans le milieu, l'acide s'y combine et conduit au sel de pyridine de (III). Quant au peu de $Cl[IrCl_2(OH_2)Py_3]$ formé, il résulterait de la fixation directe de l'eau sur $IrPy_3Cl_3$ (ou de la pyridine sur l'*aquo*).

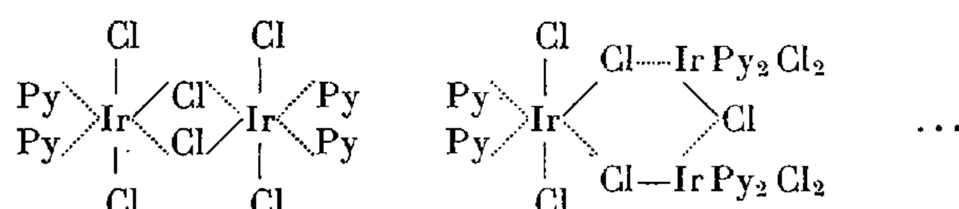


Comme corrollaire de ces expériences, si l'on considère que les iridium dipyridino-1.2 tétrachlorures alcalins (noyau V) chauffés avec de la pyridine

([3]) *J. Pharm. Chim.*, (5), 10, 1884, p. 435.

se transforment surtout en trichlorure tripyridiné-1.2.6 (IV) à côté d'un peu de 1.2.3 (VI), on voit que la réaction photochimique permet de passer de la série *cis* (V) à la série *trans* (III) représentée par le trichlorure *aquo*-dipyridiné (l'eau étant en 2) et l'iridium dipyridino-1.6 tétrachlorure de pyridine.

Quant au produit insoluble $[IrPy_2Cl_3]_n$, sa structure doit correspondre aux types dans lesquels des atomes de chlore sont valenciels d'un côté et coordonnés de l'autre, se rattachant ainsi à plusieurs atomes centraux. Exemples, en se servant d'une notation primitive de Werner :



PHYSIOLOGIE. — *Sur la répartition dans l'organisme de l'urée administrée par voie gastrique*. Note de MM. **Léon Binet, Pierre Tanret** et Mlle **Madeleine Marquis.**

Dans une Note précédente (1), nous avons montré, qu'à l'état physiologique, l'urée n'est pas contenue à la même concentration dans l'eau des différents milieux de l'organisme; ces inégalités tendent à disparaître après une surcharge uréique d'origine endogène ou exogène. Ce dernier résultat, toutefois, n'est acquis qu'après un certain temps : les expériences suivantes en rendent compte. Elles ont porté sur des chiens dont les uretères ont été liés, et auxquels on administre au moyen d'une sonde œsophagienne une solution d'urée à 50 % à la dose de 10 g d'urée par kilogramme de poids corporel. Comme précédemment (1), l'urée a été dosée simultanément dans l'eau du plasma sanguin et celle de fragments tissulaires, prélevés par biopsie et, après la mort de l'animal, dans l'eau du foie, du tissu rénal, des substances grise et blanche du lobe pariétal, dans celle du bulbe rachidien.

Après l'ingestion d'urée, la concentration uréique du plasma est d'abord constamment plus élevée que celle des muscles. Alors que le rapport urée plasmatique/urée musculaire a, chez six chiens normaux, une valeur moyenne de 0,80 avec des valeurs extrêmes de 0,35 et 1,16, ce rapport passe chez les mêmes animaux, 30 mn après l'ingestion d'urée, à la valeur moyenne de 2, avec des valeurs extrêmes de 1,31 et 3,02; 3 h après l'ingestion à la valeur moyenne de 1,16 avec des valeurs extrêmes de 0,93 et 1,44; 5 h après l'ingestion, à la valeur moyenne de 1,06 avec des valeurs extrêmes de 1 et 1,17. Au moment de la mort, 5 à 8 h après l'ingestion, la valeur moyenne est de 1, avec des valeurs extrêmes de 0,87 et 1,17.

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1387.

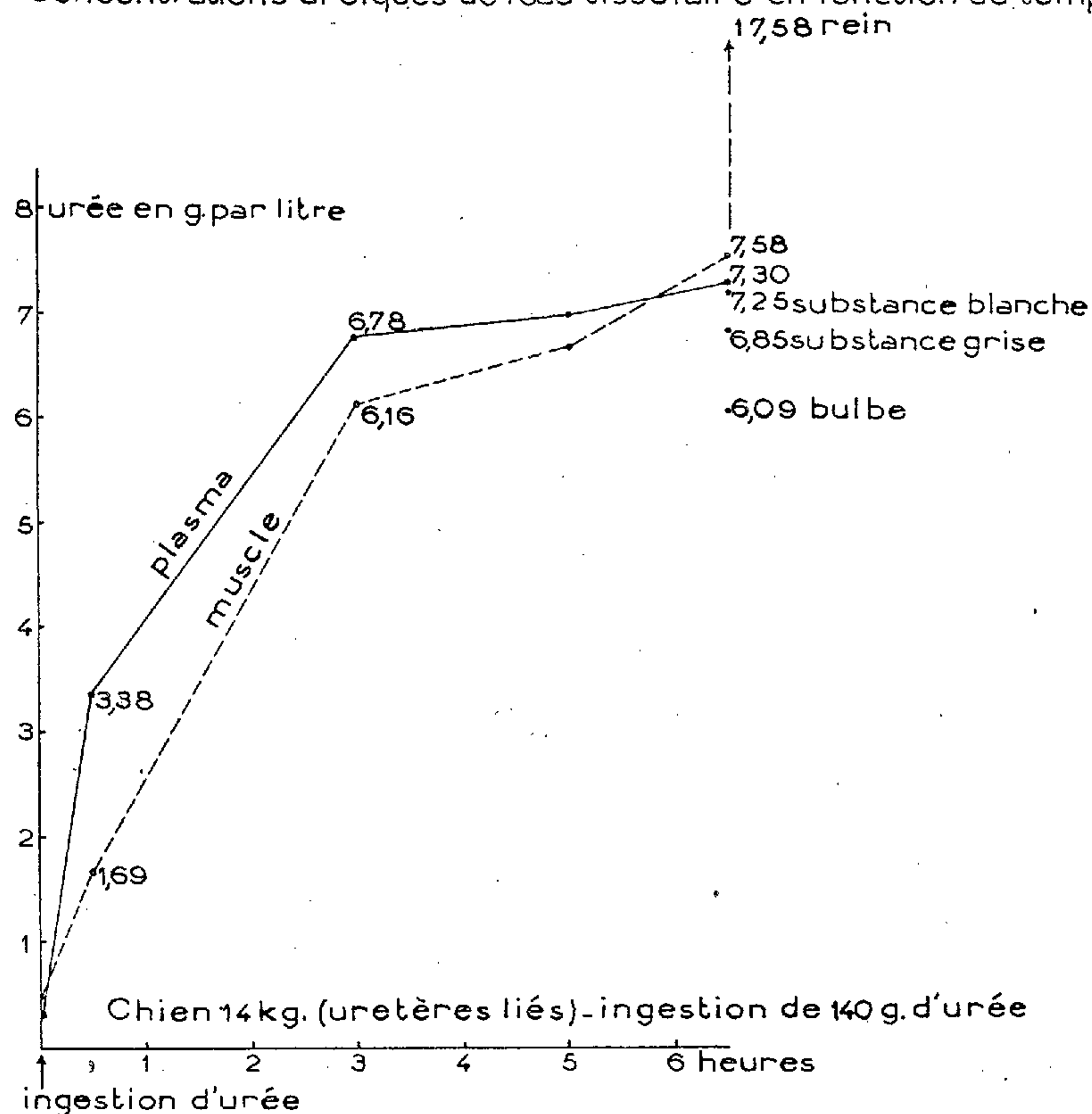
A ce moment, si l'on établit le rapport

$$\frac{\text{concentration uréique de l'eau du plasma}}{\text{concentration uréique de l'eau tissulaire}},$$

celui-ci donne, en moyenne pour le foie, 0,88; pour la substance grise, 1,07; pour la substance blanche, 1,07 et pour le bulbe rachidien, 1,19.

L'urée dans l'eau du tissu rénal a un taux de concentration très voisin de celui du plasma. Cette eau peut en contenir cependant davantage jusqu'à + 240 %, peut-être dans le cas où, en dépit de la ligature des uretères, la cessation de la formation d'urine n'a pas été immédiate; la figure 1 illustre un cas de ce genre.

Ainsi l'envahissement des solutions tissulaires par l'urée est progressif. Il suit d'abord avec retard celui du plasma, puis lorsque les concentrations tendent à s'égaliser, il persiste encore dans le détail de légères inégalités.



Ces inégalités sont, en général, assez discrètes, au moment de la mort, pour qu'on puisse essayer, sans grave erreur apparente, de calculer la quantité globale d'urée contenue dans l'organisme, en supposant que l'ensemble de l'eau du corps contient de l'urée à la même concentration

que celle du plasma. Il suffirait pour cela de connaître le volume d'eau contenue dans le corps à ce moment. Pour l'apprécier, on admettra qu'au début de l'expérience, le capital hydrique de l'animal représente 70 % de son poids et l'on en déduira les pertes pondérables subies pendant l'expérience, en les supposant porter uniquement sur de l'eau.

Le poids global d'urée ainsi calculé devrait se trouver sensiblement égal à celui de l'urée qui a été absorbée, c'est-à-dire à la différence entre le poids de l'urée qui a été administrée et le poids de l'urée contenue dans les vomissements et les liquides présents dans le tube digestif, recueillis lors d'une autopsie immédiate. Or, expérimentalement, le poids de l'urée absorbé est constamment plus élevé que le poids d'urée calculé d'après les estimations précédentes. Dans cinq expériences, les quantités d'urée calculées représentent respectivement 78, 74, 68, 48 et 40 % des quantités d'urée absorbées. Des différences aussi importantes excèdent évidemment les erreurs qui, dans les calculs précédents, pourraient provenir d'une estimation insuffisante de l'eau du corps. Elles ne peuvent s'expliquer que par des hyperconcentrations uréiques locales (tableau).

	Urée en grammes par litre d'eau.	H_2O en grammes % de tissu frais.	Urée en grammes par litre d'eau.	H_2O en grammes % de tissu frais.
Plasma	4,62	90,87	5,78	90,43
Muscle	2,75	74,09	3,73	75,99
Foie	4,30	72,89	7,11	72,52
Poumon	4,65	75,04	–	–
Reins	4,24	78,47	6,87	77,79
Estomac. Région fundique	131,3	76,42	63,61	75,36
Estomac. » pylorique	16,41	80,90	25,50	75,88
Duodénum	4,55	78,4	19,45	76,12
Iléon. 80 cm du pylore	4,17	72,07	15,42	78,04
Iléon. » cæcum	3,09	78,39	14,27	77,43
Colon	2,77	71,73	8,66	75,17
Vomissements	129,3	–	84,69	–

Observations. — Chien meurt 3 h après injection d'urée.

On constate que la paroi de la région fundique a sensiblement la même concentration uréique que les liquides éliminés par vomissements, alors que la paroi de la région pylorique est beaucoup moins riche en urée. Il est donc probable que ce soit dans la région fundique que les échanges aient été particulièrement intenses entre la solution d'urée ingérée et le sang.

Les hyperconcentrations uréiques du tractus digestif ont provoqué de graves perturbations dans la répartition de l'eau à travers les différents

secteurs de l'organisme. Dans ces expériences, l'ingestion d'urée est constamment suivie :

a. d'une augmentation du volume globulaire pour 100, déterminé par l'hématocrite qui, sur cinq expériences, est passé d'une valeur moyenne de 0,50 avec des valeurs extrêmes de 0,43 et 0,55, à une valeur moyenne de 0,67 avec des valeurs extrêmes de 0,56 et 0,86;

b. d'une polyglobulie, au cours de laquelle le chiffre globulaire peut passer de 6 à 9 millions par millimètre cube;

c. d'une augmentation du taux des protides plasmatiques de l'ordre de 20 % en moyenne;

d. d'une augmentation progressive de l'extrait sec du plasma qui, sur six expériences, est, en moyenne, de + 15 % avec des valeurs extrêmes de 0 et + 21 % et d'une augmentation progressive de l'extrait sec du muscle qui, dans ces six expériences, est, en moyenne, de + 14,3 % avec des valeurs extrêmes de + 10 et + 20 %;

e. d'une transsudation importante de liquide dans l'estomac qui excède considérablement le volume de la solution uréique ingérée. C'est ainsi qu'un chien de 13,800 kg, ayant reçu 276 cm^3 de la solution d'urée, a vomi 600 cm^3 de liquide en 3 h.

Tout se passe comme si l'urée, présente sous une forte concentration dans l'estomac, attirait d'abord vers cet organe de grandes quantités d'eau et produisait, outre une véritable saignée de l'eau plasmatique, un certain degré de déshydratation globale de tout l'organisme. L'urée en n'étant pas immédiatement diffusible, semble avoir créé des hyperconcentrations locales, origine possible de déséquilibres osmotiques graves.

CHIMIE BIOLOGIQUE VÉGÉTALE. — *Note additionnelle sur la teneur des graines en rubidium.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

En appliquant notre méthode d'analyse chimicospectrographique de recherche et de dosage des métaux alcalins ([1]) à un lot de graines provenant de 46 espèces de Phanérogames, nous avons constaté d'abord que le rubidium, présent dans toutes les graines, ne s'y trouvait qu'en proportions notablement inférieures à celles des plantes dont elles provenaient; puis, en examinant le mode de répartition du métal alcalin selon les espèces et certains groupes d'espèces, nous avons reconnu des rapports quantitatifs aussi marqués entre les graines que nous en avions découverts entre les plantes mères. C'est ainsi qu'il y avait, en moyenne, moins de rubidium dans les

([1]) *Mikrochemie vereinigt mit Mikrochimica Acta*, 36-37, 1951, p. 1004-1014.

graines de Graminées et davantage, au contraire, dans celles de Crucifères et de Papilionacées, que dans l'ensemble des graines de Phanérogames ([2]).

Au cours de cette étude de graines, qui n'était, en quelque sorte, qu'un travail de prospection dont nous ne pouvions être sûrs de tirer, en plus de certaines précisions quantitatives, que la preuve de l'existence générale du rubidium dans les organes de reproduction et de dispersion des Phanérogames, nous n'avions pas analysé de graines de la famille des Labiées.

Or, nous avions constaté antérieurement, par l'analyse d'un grand nombre de plantes entières, que les Labiées formaient parmi les Dicotylédones un groupe analogue à celui des Graminées parmi les Monocotylédones, c'est-à-dire un groupe dont la teneur moyenne en rubidium était nettement au-dessous de la moyenne générale ([3]).

Il devenait donc intéressant de s'assurer s'il en était de même dans le cas des graines. Pour être fixés sur ce point, nous avons rassemblé, soit par récolte directe, soit par recours à des collections qualifiées, un lot des graines en question. En outre, pour diminuer autant que possible l'importance de teneurs exceptionnelles, comme il s'en rencontre parfois, sur l'ensemble des relations envisagées entre l'organisation et la composition élémentaire quantitative, nous avons ajouté à notre nouveau lot une trentaine de graines venant de plantes autres que des Labiées.

Les résultats analytiques que nous apportons aujourd'hui doublent donc à peu près le nombre de ceux que nous avions déjà fait connaître. Les voici, présentés d'après la teneur croissante, exprimée en milligrammes de rubidium par kilogramme de graines séchées à $+110°$ (*voir* tableau I).

La moyenne de ces teneurs, qui vont de 2,1 à 30,8 mg, est exactement la la même : 9,36 mg au lieu de 9,35 mg, que nous avions trouvée pour les 46 espèces de graines analysées antérieurement.

Quant aux graines de Labiées, elles conduisent au chiffre moyen 5,67, très nettement inférieur, comme il était logique de le supposer, mais comme il fallait en avoir la preuve, de la teneur moyenne des graines de Phanérogames.

Enfin, tenant compte de l'ensemble des déterminations quantitatives de rubidium effectuées par nous sur les graines (92 échantillons provenant de 81 espèces), on arrive au tableau II récapitulatif suivant ci-contre.

La concordance entre ces teneurs d'ensemble et celles trouvées tout d'abord est aussi grande qu'il était possible de s'y attendre : les concentrations en métal alcalin sont très nettement plus fortes chez les Crucifères et les Papilionacées, plus faibles chez les Labiées et les Graminées que la concentration moyenne chez les Phanérogames. On peut même remarquer que la rencontre dans *Setaria*

([2]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2065.
([3]) *Ibid.*, 230, 1950, p. 598.

italica d'une teneur exceptionnellement élevée pour une Graminée, n'a pas suffi à masquer le caractère vraiment typique des faibles teneurs en rubidium de la famille à laquelle cette plante appartient ([1]).

TABLEAU I.

Nom des graines.	Rubidium (mg:kg de mat. sèche).	Nom des graines.	Rubidium (mg:kg de mat. sèche).
Sésame	2,1	Marrube	7,8
Germandrée petit chêne	2,2	Cévadille	8,0
Jacinthe des bois	2,3	Ballote noire	8,4
Giroflée jaune	2,5	*Leonurus cardiaca*	8,7
Grand Soleil	2,5	Pavot	9,1
Vigne (3 échantillons)	2,5	*Phalaris canariensis*	9,5
Ellébore fétide	2,7	Pois chiche	9,8
Nepeta cataria	2,8	Soja (à grains blancs)	10,7
Germandrée des bois (2 éch.)	3,5	*Lapsana communis*	11,9
Bétoine	3,5	Courge	14,6
Basilic	3,9	Sauge officinale	14,7
Mélisse officinale	4,4	Hysope	15,0
Sauge glutineuse	5,2	Lentille (d'Auvergne)	15,6
Astragalus Cicer	5,9	Plantain d'eau	15,9
Lavande officinale	6,0	Caméline	16,2
Luzerne lupuline	6,0	Guarana	17,7
Bouillon blanc	6,0	Belladone	17,8
Mil cultivé	6,4	Iris jaune	17,9
Trèfle incarnat	6,7	Cacaoyer	18,4
Alliaire	6,9	*Setaria italica*	23,1
Ortie puante	7,3	Gentiane jaune	30,8
Digitale pourpre	7,5		

TABLEAU II.

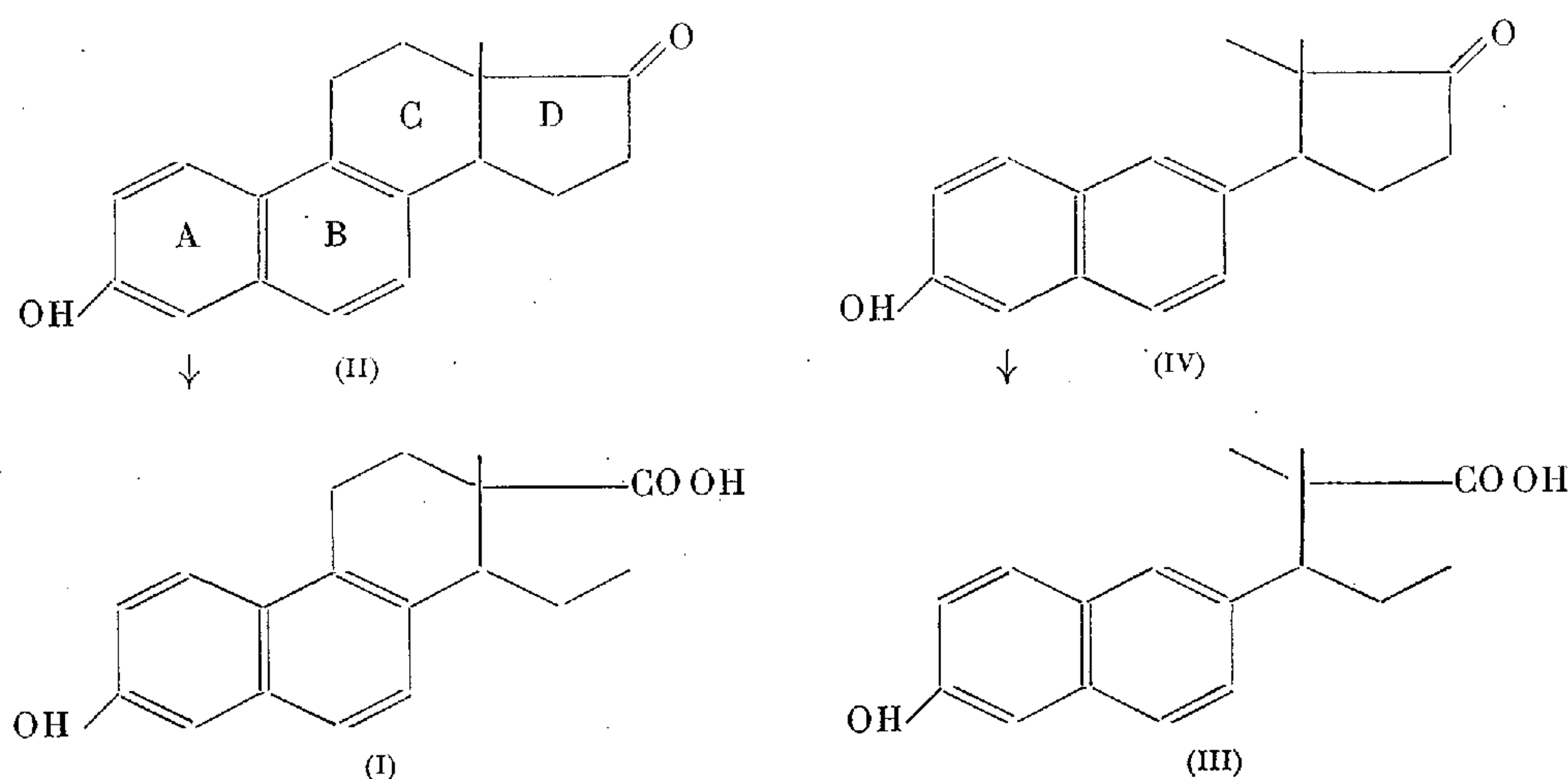
Groupes végétaux considérés.	Nombre d'échantillons analysés.	Nombre des espèces correspondant.	Teneur moyenne en rubidium par espèce (mg : kg. sec).
Crucifères	11	10	11,50
Papilionacées	16	15	10,00
Labiées	15	14	6,67
Graminées	13	13	5,75
Autres familles	37	35	11,17
Totalité des Phanérogames étudiées.	92	87	9,40

([1]) On trouvera dans un Mémoire qui paraîtra prochainement sur ces recherches les détails qui n'ont pu avoir de place ici.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une équilénine synthétique dépourvue de noyau* C. Note de MM. **Robert Courrier, Alain Horeau** et **Jean Jacques**.

On sait que l'acide bisdéhydrodoisynolique (I), dont l'activité œstrogène est notablement supérieure à celle des hormones naturelles ([1]), dérive de l'équilénine (II), par ouverture du cycle D. De même l'acide $\alpha.\alpha$-diméthyl β-éthyl allénolique (III) ([2]), peut théoriquement provenir de la cétone (IV) par rupture du cycle cyclopentanique. La préparation et les propriétés physiologiques de cette cétone (IV), encore inconnue jusqu'ici, font l'objet de la présente Note.

Il était en effet intéressant de comparer ces couples de composés possédant, deux à deux, les mêmes relations structurales afin de voir, par exemple, si l'ouverture du noyau C a, dans ces deux cas, le même retentissement sur le pouvoir œstrogène.



Ces substances ont été essayées, suivant le test d'Allen et Doisy, sur la rate castrée. Dans tous les cas, les corps étudiés sont injectés en une seule fois, en solution huileuse de 1 cm³. Les frottis vaginaux sont examinés pendant plusieurs jours : cette précaution est indispensable depuis qu'il a été montré que le rut peut apparaître plus ou moins tardivement suivant les œstrogènes ([3]).

Nos résultats peuvent être résumés dans le tableau suivant :

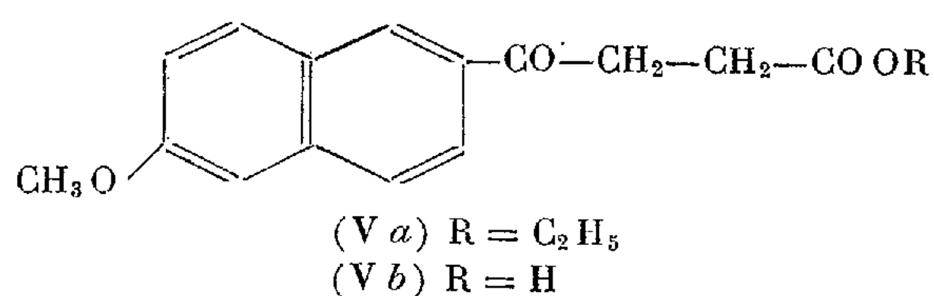
([1]) Miescher, *Helv. chim. Acta*, 27, 1944, p. 1727.

([2]) Courrier, Horeau et Jacques, *Comptes rendus*, 224 1947, p. 1401.

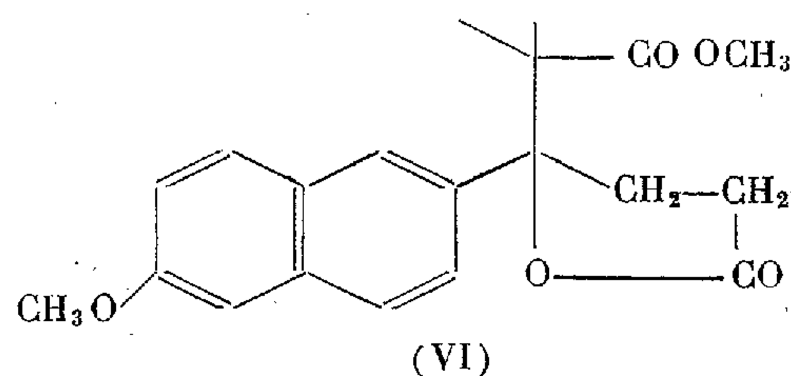
([3]) Chedid, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 387.

Substances.	Doses injectées (mg).	Résultats positifs.
Equilénine	2	3/5
Cétone (IV)	0,5	0/5
	5	0/5 (début de réaction)
	10	3/5
	20	5/5
Éther méthylique de l'acide d. M. E. allenolique	0,001	0/13
	0,0015	5/8
	0,002	20/31
Éther méthylique de l'acide bisdéhydrodoisynolique	0,0005	2/9
	0,001	30/39

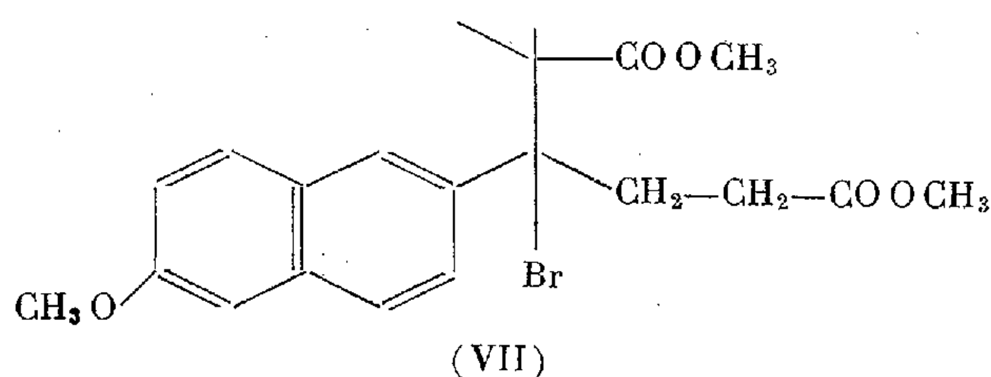
Ces résultats montrent que la cétone (IV) est approximativement quatre fois moins active que l'équilénine. Cependant cette comparaison ne serait rigoureuse que si, dans les deux séries, on avait examiné les corps racémiques; or, l'équilénine normale racémique est, comme on le sait, environ deux fois moins active que l'hormone naturelle que nous avons essayée. On peut donc dire que l'ouverture du noyau C a divisé approximativement par 2 l'activité œstrogène. Il est remarquable qu'il en soit de même pour le couple acide bisdéhydrodoisynolique — acide diméthyléthylallénolique : le rapport des activités est sensiblement du même ordre. Cette similitude, dans le cadre de nos recherches, sur les relations entre la structure chimique et l'activité œstrogène méritait, croyons-nous, d'être notée puisque, dans deux séries différentes, la suppression du noyau C et son remplacement par l'amorce d'un cycle potentiel, réduit de moitié le pouvoir hormonal.



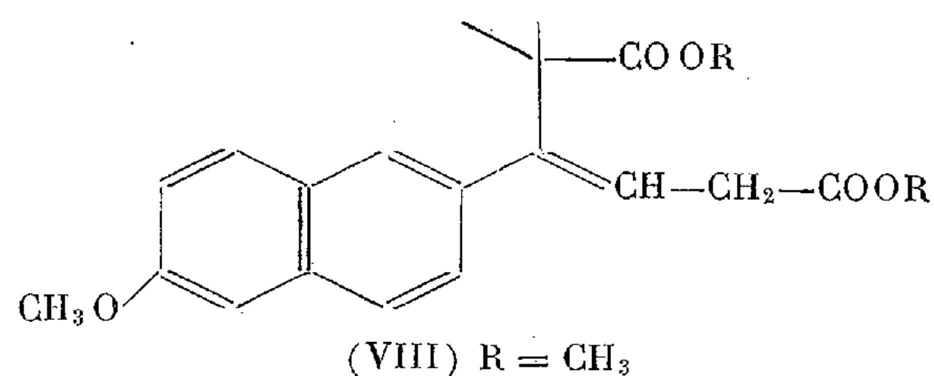
(V *a*) $R = C_2H_5$
(V *b*) $R = H$



(VI)



(VII)



(VIII) $R = CH_3$

L'α.α-diméthyl β-(méthoxy-6 naphtyl-2) cyclopentanone (IV) a été obtenue par la suite de réactions suivantes :

Le β-(méthoxy-6 naphtoyl-2) propionate d'éthyle V*a* est condensé suivant Réformatzky avec le bromoisobutyrate de méthyle en présence de zinc et fournit la γ-(méthoxy-6 naphtyl-2) δ-méthyl δ-carbométhoxy γ-caprolactone (VI), F 119-120°; $C_{20}H_{22}O_5$ C % 70,1; H % 65 pour C % 70,5; H % 6,2. La saponification de cette lactone ne conduit pas au diacide alcool attendu, car il y a clivage quantitatif avec retour à l'acide β-(méthoxy-6 naphtoyl-2) propionique (V*b*) et formation d'acide isobutyrique.

Par barbotage de gaz bromhydrique sec dans une solution méthanolique de (VI), on obtient un dérivé bromé intermédiaire (VII), qui est traité par la pyridine sans être isolé. Une chromatographie sur alumine permet de récupérer la lactone inaltérée et le diester éthylénique (VIII) qui existe sous deux formes cristallines distinctes, fusibles respectivement à 69° (aiguilles) et à 81° (cristaux en hexagones) $C_{21}H_{24}O_5$ C % 71,2; H % 6,6 pour la première forme et C % 70,5; H % 6,8 pour la deuxième, théorie C % 70,8; H % 6,8. L'hydrogénation de ce diester par le platine de Vavon dans l'éther anhydre conduit à un diester saturé, saponifiable en un diacide saturé qui est cyclisé par l'anhydride acétique en α.α-diméthyl β-(méthoxy-6 naphtyl-2) cyclopentanone F 159° $C_{18}H_{20}O_2$ C % 80,5, H % 7,5 pour C % 80,6, H % 7,5 (aiguilles plates qui se subliment facilement sous vide). La déméthylation de cet éther-phénolique par le chlorydrate de pyridine fournit la cétone-phénol cherchée (IV) ou α.α-diméthyl β-(hydroxy-6 naphtyl-2) cyclopentanone F 172° $C_{17}H_{18}O_2$ C % 79,7; H % 7,29 pour C % 80,3; H % 7,14.

M. **Auguste Chevalier**, actuellement en mission en Afrique du Nord, adresse à l'Académie la lettre suivante :

« Dans le domaine de la *Botanique appliquée et de l'Agronomie*, l'œuvre scientifique française au Maroc est considérable : elle comprend la domestication de l'Oum er Rebia et de l'Oued el Abid et de leurs affluents, la mise en valeur de vastes territoires dévastés par le déboisement suivi d'érosion et la lutte contre l'extension de l'aridité.

« La France, en pacifiant le Maroc à partir de 1912 et en établissant son unité, en créant la sécurité des hommes et des biens, en découvrant ou faisant naître une foule de ressources nouvelles qui ont permis à la population de doubler en nombre depuis trente ans, ne s'est pas arrêtée; elle poursuit, depuis la fin de la guerre 1939-1945, la mise en valeur du pays par des entreprises grandioses, conséquences de recherches scientifiques nombreuses poursuivies sans bruit par des spécialistes appartenant à toutes les branches dont s'occupe notre Compagnie et peu connues dans leur ensemble.

« Parcourant actuellement ce pays, j'ai visité déjà plusieurs provinces où sont réalisées, ou en voie de réalisation, des œuvres remarquables, j'ai tenu

à signaler ici celles qui touchent aux disciplines dont je m'occupe : agriculture, forêts, protection des sols et de la nature, introduction d'arbres étrangers et de cultures nouvelles.

« Il a fallu tout d'abord chercher à utiliser les forces hydrauliques et les ressources naturelles latentes du pays. Nos ingénieurs ont réalisé, ces temps derniers, dans cet ordre des travaux considérables que j'ai tenu à aller visiter car ce sont ces travaux qui conditionnent l'avenir du pays. Ce fut d'abord la découverte de gisements de phosphates qui sont parmi les plus riches du globe. L'agriculture du Maroc a tiré déjà des avantages sérieux dus à ce produit et à d'autres engrais importés. De nombreux colons français guidés par des savants et des agronomes de valeur, tels que Louis Gentil, C.-J. Pitard, René Maire, Ém. Miège, Emberger, etc., ont rivalisé de zèle et d'audace pour moderniser l'agriculture marocaine. Un nombre déjà élevé d'Arabes marocains, de Berbères, d'Israëlites les ont imités. La culture des Blés tendres et du Blé dur a pris une grande extension et les rendements qui étaient et sont encore chez les autochtones, qui pratiquent les méthodes traditionnelles arriérées, de 4 à 5 q : ha sont passés chez les européens et les autochtones évolués, certaines années à 14 et même à 18 q : ha. Des cultures nouvelles comme celles des Agrumes, des Oléagineux, du Maïs sélectionné, du Lin à graines ont pris une grande extension ; les Pommes de terre et les Tomates de primeur en avance d'un mois sur l'Algérie s'expédient aujourd'hui sur l'Europe. Les plantations d'Oliviers, naguère très négligées, prennent, à l'heure actuelle, une extension considérable et des horticulteurs des services officiels guident les indigènes ; des pépinières leur fournissent, au prix de revient, de jeunes plants greffés de bonnes variétés sélectionnées ; 1951 est une année d'abondance pour la production des olives et des oranges et cela encourage les Marocains à étendre ces plantations. Mais il existe aussi des années déficientes par suite des sécheresses qui surviennent périodiquement et qui entraînaient autrefois des famines meurtrières pour l'homme et pour le cheptel. Les troupeaux de moutons, tombés à moins de 5 millions en 1945 par suite de la sécheresse, vont bientôt s'élever à 10 millions de têtes. Aussi le développement de l'irrigation dans presque toute l'étendue du Maroc est une nécessité, non seulement sur les terres cultivées, mais aussi sur les terrains de parcours inoccupés.

« Géographes, géologues, botanistes, ingénieurs explorèrent d'abord le pays dans tous les sens. L'Atlas marocain se révéla bientôt comme le plus beau château d'eau de l'Afrique du Nord. Les torrents des montagnes s'en allaient à la plaine, puis à la mer sans être utilisés. A partir de 1930, commencèrent les premiers barrages et la création de canaux d'irrigation modernes, puis, peu après, débutèrent les grands travaux d'aménagement économique, les constructions hydroélectriques, les prospections agro-

pédologiques suivis de grands travaux pour la mise en valeur de terres abandonnées depuis des siècles.

« L'attention se porta particulièrement sur le Tadla, pays subdésertique, plat, situé au pied de l'Atlas et traversé par l'Oum er Rebia, le plus grand fleuve du Maroc. Dès 1938, l'eau provenant d'un premier barrage de déviation de Kasbah-Tadla sur ce fleuve permet de faire des essais sur quelques centaines d'hectares de la rive droite, dans le pays des Beni Amir qui vivaient en nomades pauvres sur les montagnes environnantes dévastées par l'érosion. Depuis 14 ans, se poursuit l'aménagement de cette plaine. Des résultats considérables sont déjà obtenus. On créa, dès 1941, l'Office d'irrigation des Beni Amir et des Beni Moussa, chargé des principaux travaux. Actuellement, l'irrigation se fait sur environ 20 000 ha. De nombreux nomades fixés l'habitent. Les terres, devenues fertiles, sont consacrées à la culture des céréales, des plantes fourragères, des légumineuses d'hiver, du coton, des oléagineux, ainsi qu'à l'élevage et au reboisement. Actuellement, plus de 400 000 arbres fruitiers, surtout des Oliviers, des Abricotiers, des Mûriers, des Figuiers, des Amandiers, des Grenadiers sont plantés et une partie sont déjà en rapport. Nous venons de les voir à l'automne en parfait état, bien que le sol soit un peu alcalin (les Orangers n'y viennent pas). 1 000 ha sont consacrés au maraîchage et aux pépinières pour les arbres fruitiers et pour les arbres de reboisement. Plusieurs espèces d'Eucalyptus, de Mimosas, de Filaos, de Conifères se sont déjà acclimatées et des rideaux d'arbres en pleine végétation protègent les cultures contre les vents. Il reste environ 70 000 ha à mettre en valeur et à coloniser par des Marocains, ce qui se fera très vite. Sur la rive gauche, presque tout est encore à faire chez les Beni-Moussa. On y arrivera grâce à l'équipement de l'Oued-el-Abid, affluent de l'Oum er Rebia. Nous venons de visiter les gorges de l'Oued situées dans l'Atlas à 1500 ou 1800 m d'altitude et le barrage de Bin el Ouidane où travaillent actuellement plus de 600 ingénieurs, techniciens et ouvriers spécialisés. Ce sera un des plus grands ouvrages du globe. Il sera long de 240 m à la crête, épais de 22 m à la base et haut de 115 m. Sa retenue sera de 1400 millions de mètres cubes (26 fois plus que le lac-réservoir de Génissiat sur le Rhône). Il alimentera une usine hydroélectrique située au pied du barrage et qui pourra produire 160 millions de kw-heure par an fournissant de la force motrice, non seulement au Maroc, mais aussi à l'Algérie.

« En aval de Bin el Ouidane, le barrage de prise dérivera dans une galerie souterraine longue de 11 km, percée dans la montagne et amenant les eaux de l'oued qui, après une dénivellation de 225 m, alimenteront l'usine d'Afourer qui donnera 300 millions de kw-heures et seront ensuite employées à l'irrigation de 90 000 ha de terres, spécialement chez les Beni-Moussa. Quant à la force hydroélectrique utilisée, non seulement dans

les villes et les centres industriels, elle servira aussi dans les campagnes à tous usages et spécialement pour l'élévation des eaux afin d'irriguer partout où c'est nécessaire pour moderniser l'agriculture et lutter contre l'aridité. Pour y coopérer, partout aussi s'installent des rideaux d'arbres exotiques, surtout des Eucalyptus, des Cyprès, des Peupliers. Il en existe déjà des dizaines de milliers de kilomètres le long des routes et dans les grands domaines agricoles. Des centaines de milliers d'hectares de forêts dévastées ou de terrains de parcours dépouillés de végétation sont mis en réserve et replantés par endroits en essences diverses. Il existe déjà, dans le Gharb, une belle forêt d'Eucalyptus d'environ 4 000 ha et qui doit être portée à 50 000 ha. Dans d'autres régions, on lutte contre la dégradation des sols et des essais sont faits pour améliorer les pâturages qui, avant notre arrivée, étaient partout en décadence et entraînaient une mortalité désastreuse sur les troupeaux. Tel est le bilan de quelques dizaines d'années de recherches scientifiques poursuivies par la France au Maroc qui ont complètement transformé ce pays où il reste pourtant encore beaucoup à faire et où la population s'accroît rapidement et sera probablement de l'ordre de 40 millions d'habitants vers l'an 1980. »

M. le **Secrétaire perpétuel** signale à l'Académie le don fait à ses Archives par M. Jacques L'Hermitte d'une collection de lettres adressées à **Jules Houël** par divers Savants dont plusieurs appartenaient à l'Académie.

M. **Maurice de Broglie** fait hommage à l'Académie de deux registres contenant des pièces manuscrites concernant les premiers **Congrès de physique Solvay.**

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome 228 (janvier-juin 1949) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier intitulé : *La théorie des particules de spin* 1/2 (*Électrons de Dirac*) et dépose sur le Bureau 1° l'*Almanach des Sciences* 1952, publié sous la direction de M. René Sudre, avec la collaboration de 30 Membres de l'Institut, professeurs et savants, dont lui-même; 2° l'*Annuaire pour l'an* 1952 *publié par le Bureau des Longitudes.*

M. **Louis Hackspill** présente à l'Académie un Ouvrage publié dans la Collection « Euclide » dont il dirige la Section de Chimie et qui constitue le tome III de la *Chimie Physique,* de Guy Emschwiller. Ce volume traite de la

Cinétique chimique et de la Structure des molécules. Il comporte une Table alphabétique des matières qui se rapporte à l'ensemble des trois volumes de l'Ouvrage.

M. **Charles Dufraisse** présente un Ouvrage intitulé : *Éléments de science et de technologie du caoutchouc*, publié sous la direction de M. Jean Le Bras, et dont il a écrit la *Préface*.

MM. **Maurice Gignoux** et **Léon Moret** adressent à l'Académie la deuxième édition entièrement refondue de leur Ouvrage intitulé : *Géologie dauphinoise. Initiation à la Géologie par l'étude des environs de Grenoble*.

M. **René Souèges** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier dans la Collection des « Actualités scientifiques et industrielles » et qui a pour titre : *Embryogénie et Classification*. Quatrième fascicule : *Essai d'un système embryogénique* (*Partie spéciale : Deuxième période du système*).

M. **Émile Guyénot** adresse à l'Académie les Ouvrages suivants : *L'Hérédité*, 4e édition ; *La Variation*, 2e édition ; *L'Origine des espèces*.

DESIGNATIONS.

M. **André Mayer** est désigné pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu à l'Université de Liége, en janvier 1952, pour commémorer le Centième anniversaire de la naissance de **Léon Frédéricq**.

M. **Robert Courrier** est désigné pour représenter l'Académie aux fêtes qui marqueront le Centième anniversaire de la fondation de l'**Université Laval**, à Québec, du 19 au 22 septembre 1952.

CORRESPONDANCE.

L'**Université de Californie** annonce la création, au Collège d'Agriculture, de la **Theodore Kearney Foundation of Soil Science**.

Le **Conseil des Recherches d'Israël** annonce la préparation, en collaboration avec l'Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture, d'un *Symposium on Desert Research*, qui se tiendra à Jérusalem en mai 1952.

Le Comité d'Organisation invite l'Académie à se faire représenter au VIIIe Congrès international de Mécanique théorique et appliquée qui se tiendra à l'Université d'Istanbul, du 20 au 28 août 1952.

MM. Paul Ancel, Claude Aron, Max Aron, Pierre Boischot, André Bouzy, Gustave Choquet, Jean Courtois, Thierry Crouslé, Jean-François Denisse, Daniel Dugué, Jean Dupont, Pierre Durand-Rival, Jean Favard, Georges Fleury, Raymond de Fleury, Fernand Fournier, Louis Gallien, Bernard Gèze, Édouard-Jean Gilbert, René Grangaud, Robert Hoffstetter, Raoul Husson, Marcel Ichac, Max-Fernand Jayle, Joseph Kampé de Fériet, Albert Kirrmann, Robert Kouchelevitz, Alexandre Koyré, Henri Lacombe, Guy Lazorthes, Pierre Lejay, Édouard Lemétayer, Jacques Lesourne, Émile Miège, Léopold Nègre, Jules Offner, Paul Portier, Maurice Roseau, Pierre Rouard, Georges Roux, Raymond Schnell, Roger Servant, Joseph Sivadjian, Pierre Sizaire, Maximilien Sorre, Pierre Tauzin adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

MM. le Directeur de l'Almanach des sciences, Maurice Fontaine, le Général Commandant l'Ecole polytechnique, le Président de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées pour leurs recherches ou leurs Bibliothèques.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Traité de Chimie industrielle*, par Paul Baud. Tomes I, II et III. Quatrième édition revue et complétée.

2° *Les tubes électroniques à commande par modulation de vitesse*, par Robert Warnecke et P. Guénard. Préface de M. Ponte.

3° *La Quinidine dans les troubles cardiaques*, par Harry Gold.

4° *Pratique du Laboratoire*, par Charles Jaulmes, A. Jude et Jean Quérangal des Essarts.

5° Collection de travaux de l'Académie internationale d'histoire des sciences, n° 6. *Actes du VIe Congrès international d'Histoire des sciences*. Amsterdam, 14-21 août 1950. Volume I.

6° Gerhard Kropp. *Lalouvères Quadratura circuli. Eine Studie zur Geschichte der Integralrechnung*.

7° National physical Laboratory (London). *Notes on Applied Science*, n° 1.

Units and standards of measurement employed at the National physical Laboratory. I.

8° J. Leandri. *Sur quelques traits de la végétation des plateaux calcaires dans l'Ouest de Madagascar.*

9° M. H. Hugoniot. I. *Mémoire sur la propagation du mouvement dans un fluide indéfini.* II. *Sur la propagation du mouvement dans les corps et spécialement dans les gaz parfaits* (Mémoires publiés en 1887, 88, 89, réédités par le Mémorial de l'Artillerie française).

10° Alliance française. Assemblée générale, 21 octobre 1951. *Allocution du Président. Rapport du Secrétaire général sur la situation d'ensemble. Années* 1950-51.

11° B. V. Koukarkin et P. P. Parenago. *Tretie dopolienie k pervomou izdaniou obchego kataloga peremennik zvezd* (Troisième supplément à la première édition du Catalogue international d'étoiles variables).

12° Service géologique du Maroc. *Carte géologique provisoire des environs de Casablanca. Notice explicative*, par G. Lecointre et M. Gigout, et *Carte*, par les mêmes. — *Carte géologique d'exploration du Territoire autonome de Tadla*, par Jacques Bourcart.

13° Sveriges geologiska Undersökning. *Beskrivning till Kartbladet gränna*, av Per Geijer, Bengt Collini, H. Munthe och R. Sandegren, avec une *Carte*.

ALGÈBRE. — *Dérivation des algèbres commutatives.*
Note (*) de M. **Georges Glaeser**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

$\mathfrak{A}$ est une algèbre commutative sur un corps K (caractéristique $\neq 2$). On se propose de déterminer tous les couples de *formes linéaires*, u et D (définies sur $\mathfrak{A}$, à valeurs dans K) et satisfaisant à l'identité

$$(1)\qquad D(fg) = u(f)D(g) + u(g)D(f),$$

où f, g et h appartiennent à $\mathfrak{A}$.

1. L'associativité de l'algèbre $\mathfrak{A}$ entraîne (quel que soit $\lambda \in K$) l'identité

$$\{u(fg) - u(f)u(g) - \lambda D(f)D(g)\}D(h) \equiv \{u(gh) - u(g)u(h) - \lambda D(g)D(h)\}D(f).$$

On peut alors déterminer un $\lambda_0 \in K$ (ne dépendant que des formes u et D) tel que

$$u(fg) \equiv u(f)u(g) + \lambda_0 D(f)D(g).$$

a. Lorsque λ_0 *est un carré parfait non nul* du corps $\lambda_0 = \mu^2$, on remarque que $u + \mu D$ et $u - \mu D$ sont des *caractères* de l'algèbre. En notant un tel carac-

(*) Séance du 3 décembre 1951.

tère $f \to f(a)$ on peut exprimer les deux formes u et D cherchées par des formules « eulériennes »

$$u(f) = \frac{f(a) + f(b)}{2}, \qquad D(f) = \frac{f(a) - f(b)}{2\mu}.$$

b. Mais lorsque λ_0 n'est pas un carré parfait non nul, on construira une *extension quadratique* du corps K [1]; cette extension, est suivant les cas, un surcorps ou une algèbre de nombre *duaux* ($\mu^2 = 0$).

Les formes $u + \mu D$ et $u - \mu D$ sont des *homomorphismes conjugués* de $\mathcal{A}$ dans l'extension quadratique ou *caractères généralisés*.

2. *Interprétation géométrique*. — Appelons $\mathcal{D}$ l'hyperplan de $\mathcal{A}$ défini par $D(f) = 0$: c'est une sous-algèbre.

L'« hyperquadrique » d'équation $D(f^2) = 0$ dégénère en deux hyperplans $\mathcal{D}$ et $\mathcal{U}$ (éventuellement confondus). $\mathcal{D} \cap \mathcal{U}$ est un idéal. Le quotient $\mathcal{A}/\mathcal{D} \cap \mathcal{U}$ est l'extension quadratique $K(\mu)$ (ou éventuellement le produit direct $K \times K$).

Comme toute sous-algèbre $\mathcal{D}$ de codimension 1 permet de définir une « dérivation » D, on a démontré la proposition suivante :

PROPOSITION. — *Toute sous-algèbre $\mathcal{D}$ de codimension* 1, *qui n'est pas un idéal, contient un idéal de codimension* 2.

Le tableau suivant résume cette étude.

λ indéterminé	Dérivation nulle $D(f) \equiv 0$.	$\mathcal{D} = \mathcal{A}$
$\lambda = 0$	Dérivée classique [obtenue à l'aide de deux développements limités conjugués (nombres duaux)]; u est un caractère	$\mathcal{U}$ est un idéal
$\lambda \neq 0$, $\lambda = \mu^2$, $\mu \in K$......	Différence ordinaire (u, demi-somme) de deux caractères	Il existe deux idéaux maximaux de codimension 1 dont l'intersection est $\mathcal{D} \cap \mathcal{U}$
	Cas particulier (1 caractère nul) : $u(f) = \frac{f(a)}{2}$, $D(f) = \frac{f(a)}{2\mu}$	$\mathcal{D}$ et $\mathcal{U}$ sont confondus en un idéal de $\mathcal{A}$
λ n'est pas un carré parfait...	$u = \frac{f(a) + f(\bar{a})}{2}$, $D = \frac{f(a) - f(\bar{a})}{2\mu}$	$\mathcal{D} \cap \mathcal{U}$ est un idéal maximal de codimension 2

Exemples. — 1° Le corps C considéré comme algèbre sur R ne possède qu'une dérivation non nulle

$$u(z) = \mathcal{R}(z), \qquad D(z) = \mathcal{I}(z).$$

---

[1] *Cf*. N. BOURBAKI, *Algèbre*, chap. II, p. 107.

2° Sur l'algèbre de composition $L_1(T)$ des fonctions sommables périodiques, les applications D et u, où $D(f) = b_n$ et $u(f) = a_n$, (a_n et b_n sont les coefficients de Fourier de f) définissent des dérivations sur R.

La formule (1) est alors à rapprocher des formules d'addition des fonctions trigonométriques.

ANALYSE GÉNÉRALE. — *Sur les espaces précompacts.*

Note de M. **Jean Colmez**, présentée par M. Paul Montel.

M. R. Doss a récemment obtenu le résultat suivant ([1]) :

Un espace à structure uniforme ne possède que des structures précompactes si et seulement si toutes ses images numériques continues sont compactes.

Nous appelons de tels espaces des espaces précompacts.

J'ai montré que, E étant un espace complètement régulier, les propositions suivantes étaient équivalentes :

1° E n'a que des structures précompactes.

2° Toute image numérique continue de E est bornée.

3° Toute image métrique continue de E est compacte.

4° De tout recouvrement ouvert dénombrable de E, on peut extraire un nombre fini d'ouverts dont la réunion des adhérences contient E.

5° Tout filtre à base dénombrable ouverte a un point adhérent.

Ces espaces sont tels que, si a est un point d'un complété de E et n'appartenant pas à E, toute famille dénombrable de voisinages de a a une intersection non vide avec E.

Tout espace précompact et normal (métrique) est semi-compact (compact).

Si un espace complètement régulier possède un nombre de structures précompactes inférieur à $2^{2^{\aleph_0}}$, il est précompact ([2]).

Définition. — Une structure uniforme sera dite complète, si elle rend l'espace E complet.

Un espace E, possédant une structure complète, est compact si et seulement s'il est précompact.

Si l'espace complètement régulier E est tel que :

([1]) *Annals of Math.*, 1949 et *American Journal of Math.*, 1948, p. 19-23.

([2]) Généralisation d'un résultat de Cěch-Prospisil (*Ann. of Math.*, 1937, p. 833-846); si un espace normal n'est pas semi-compact, il a au moins $2^{2^{\aleph_0}}$ structures uniformes distinctes. On savait déjà que le mot normal était indispensable dans l'énoncé : Hing-Tong, *Ann. of Math.*, 1949, p. 154-157. R. Doss (même référence) énonce le même résultat pour un espace n'ayant qu'une structure précompacte.

1° tout recouvrement ouvert possède un recouvrement subordonné ponctuellement fini ([3]);

2° sa structure universelle admet comme entourage tout voisinage de la diagonale $E \times E$;

il possède une structure complète (cas des espaces paracompacts) ([3]), ce qui généralise un résultat de J. Dieudonné ([3]).

Nous avons une généralisation des espaces compacts :

Dans un espace précompact toute adhérence d'un ouvert est précompacte. Une réunion finie d'ensembles précompacts est précompacte.

Sur un espace précompact, toute suite monotone de fonctions continues, convergeant vers une fonction continue, converge uniformément.

Un espace paracompact et précompact est compact.

Un espace complètement régulier sera dit localement précompact, si chacun de ses points possède un voisinage précompact. Il sera dit uniformément localement précompact, s'il existe un entourage de la diagonale, soit U, tel que tous les voisinages $U(a)$, $a \in E$, soient précompacts.

Étant donné un ensemble précompact, dans un espace uniformément localement précompact, il existe une fonction à valeurs numériques comprises entre 0 et 1, continue, égale à 1 sur l'ensemble et à support précompact ([4]).

Alors, dans un tel espace, l'espace vectoriel $\mathcal{E}$ des fonctions numériques à support précompact vérifie les propriétés suivantes :

1° Il est réticulé;

2° avec f, $\inf(f, 1)$ appartient à $\mathcal{E}$;

3° si $I(f)$ est une fonctionnelle linéaire positive sur $\mathcal{E}$, si la suite monotone $f_1, f_2, \ldots, f_n, \ldots$ tend vers f appartenant à $\mathcal{E}$, la suite $I(f_n)$ tend vers $I(f)$.

On peut développer dans ces espaces une théorie de l'intégration analogue à celle des espaces localement compacts : le rôle joué dans cette dernière théorie par les fonctions semi-continues est tenu, ici par les fonctions respectivement bornes supérieures et inférieures de familles dénombrables de fonctions continues.

Les groupes localement précompacts étant uniformément localement précompacts, nous verrons dans une prochaine Note comment on peut définir, sur ces groupes, une mesure de Haar et aussi comment on peut développer une théorie de l'intégration dans les espaces localement précompacts sans uniformité.

([3]) J. Dieudonné, *J. Math., p. et appl.* V. 23, 1944, p. 65-66 : J. Dieudonné énonce que tout espace métrique a une structure complète et l'on sait que tout espace métrique est paracompact.

([4]) Le support d'une fonction numérique est l'adhérence de l'ensemble des points où elle est différente de zéro.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le problème de Dirichlet pour les équations aux dérivées partielles elliptiques linéaires dans des domaines bornés.* Note de M. **Lars Gårding**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit D un domaine ouvert borné dans l'espace réel à n dimensions et soit H l'ensemble des fonctions f complexes indéfiniment dérivables dans D, nulles en dehors de compacts dans D. Soit $m > 0$ un entier fixe. Complétons H en un espace de Hilbert $\mathcal{H}$ par rapport à la forme quadratique

$$[f, f] = \int_D \sum_{l=0}^{m} \sum_{k_1 \ldots = 1}^{n} |f_{k_1 \ldots k_l}(x)|^2 \, dx, \qquad \text{où} \quad f_{k_1 \ldots k_l}(x) = \frac{\partial^l f(x)}{\partial x_{k_1} \ldots \partial x_{k_l}}.$$

Alors les éléments de $\mathcal{H}$ sont des fonctions de carré sommable dans D, les dérivées d'ordre $< m$ s'annulant dans un certain sens à la frontière de D.

Pour chaque point $x \in D$ nous supposons donné un polynome $p(x, \xi)$ du degré $2m$ des variables réelles $\xi_1, \ldots, \xi_n$ qui est réel, homogène et défini positif, plus précisément tel que $\inf_{|\xi|=1} p(x, \xi)$ ait une borne inférieure positive dans D, ($|\xi| = \max_k |\xi_k|$). Nous écrivons $p(x, \xi)$ sous la forme

$$\Sigma p_{k_1 \ldots k_{2m}}(x) \xi_{k_1} \ldots \xi_{k_{2m}}$$

où les coefficients sont symétriques par rapport à tous leurs indices. En outre nous supposons que les coefficients sont des fonctions uniformément continues et indéfiniment dérivables dans D. Posons par définition

$$p(f, f') = \int_D p_{k_1 \ldots k_m l_1 \ldots l_m}(x) f_{k_1 \ldots k_m}(x) \overline{f'_{l_1 \ldots l_m}(x)} \, dx,$$

$$(f, f') = \int_D f(x) \overline{f'(x)} \, dx,$$

$$p_t(f, f') = p(f, f') + t(f, f'),$$

où t est réel. Par des intégrations par parties on obtient

$$p_t(f, f') = (f, p_t f') = (p_t f, f') \qquad \text{où} \quad f, f' \in H$$

et

$$p_t f(x) = (-1)^m \Sigma (p_{k_1 \ldots k_m l_1 \ldots l_m}(x) f_{l_1 \ldots l_m}(x))_{k_1 \ldots k_m} + t f(x).$$

On peut démontrer le théorème suivant :

Théorème. — *Il existe un nombre t_0 tel que pour tout $t > t_0$, $(p_t(f, f))^{1/2}$ constitue une norme équivalente à $[f, f]^{1/2}$ dans $\mathcal{H}$* [1].

Dans D nous pouvons énoncer le problème de Dirichlet pour l'opérateur

---

[1] Si les coefficients de p sont constants (Garding, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1030) et dans bien d'autres cas les deux normes sont équivalentes pour $t > 0$.

différentiel p_t, où $t > t_0$, de la manière suivante : étant donné une fonction g telle que $[g, g] < \infty$, trouver une fonction u indéfiniment dérivable telle que $p_t u = 0$ dans D et $g - u \in \mathcal{H}$. Pour résoudre ce problème ([2]) nous considérons $p_t(g, f)$ où $f \in \mathcal{H}$. En vertu du théorème c'est une fonction antilinéaire continue de f et par conséquent on peut trouver un élément g' de $\mathcal{H}$ tel que

$$p_t(g, f) - p_t(g', f) = p_t(g - g', f) = 0$$

pour tout $f \in \mathcal{H}$. Mais si $f \in \mathrm{H}$ il est facile de voir que

$$p_t(g - g', f) = (g - g', p_t f).$$

D'un théorème de L. Schwartz ([3]) et d'une construction d'une solution élémentaire de F. John ([4]), il suit que $u = g - g'$ est indéfiniment dérivable (après une correction sur un ensemble de mesure nulle) et par conséquent on a $p_t u = 0$ dant D.

Soit maintenant r un opérateur différentiel linéaire d'ordre $< 2m$ à coefficients indéfiniment dérivables dans D. Si les dérivées d'ordre $< m$ de ces coefficients sont aussi bornées dans D on peut résoudre le problème de Dirichlet dans D, énoncé comme plus haut, mais pour l'équation elliptique générale $qu = p_0 u + ru = h$ où h est indéfiniment dérivable et de carré sommable. En effet, soit t fixe $> t_0$ et posons par définition

$$r_{-t}(f, f') = ((r - t)f, f') = (f, (\tilde{r} - t)f')$$

où $f, f' \in \mathrm{H}$ et $\tilde{r}$ est l'adjoint de r. On peut démontrer que $r_{-t}(f, f')$ est une fonction continue du couple f, f' dans $\mathcal{H} \times \mathcal{H}$ et que $r_{-t}(f, f') = p_t(\mathrm{R}f, f')$, $(f, f', \mathrm{R}f \in \mathcal{H})$, définit une transformation linéaire complètement continue R. En vertu des théorèmes cités de Schwartz et de John, le problème de Dirichlet serait alors résolu si l'on pouvait trouver un élément g' de $\mathcal{H}$ tel que

$$q(g, f) = q(g', f) + (h, f)$$

pour tout $f \in \mathrm{H}$, où $q(g, f) = p(g, f) + r(g, f)$. D'abord il est clair qu'on peut trouver un $\tilde{g} \in \mathcal{H}$ tel que $q(g, f) - (h, f) = p_t(\tilde{g}, f)$, $(f \in \mathcal{H})$, et comme $q(g', f) = p_t(g', f) + r_{-t}(g', f) = p_t(g' + \mathrm{R}g', f)$ on obtient l'équation

$$\tilde{g} = g' + \mathrm{R}g'$$

pour laquelle les théorèmes de Fredholm sont valables. En particulier, si

---

([2]) Nous suivons une variante de la méthode de projection orthogonale de Zaremba et de H. Weyl (WEYL, *Duke J.*, 7, 1940, p. 411-444) signalée par M. Vishik (*Mat. Sb.* N. S. 25, n° 2, 1949, p. 189-234). Le cas spécial où les coefficients de p sont constants a été traité par l'auteur (*loc. cit.*) par la même méthode.

([3]) *Théorie des distributions* I, Paris, 1950, p. 136.

([4]) *Proc. of the symposium on spectral theory and differential problems*, Stillwater Okl., 1951. Voir aussi *Comm. on pure and Applied Math.* III, 1950.

l'équation $f + Rf = 0$ ($f \in \mathcal{H}$) a pour seule solution $f = 0$, le problème de Dirichlet a une solution unique pour g et h arbitraires. Il est facile d'étendre la théorie au cas ([5]) où l'on ajoute à r un opérateur différentiel ip', où p' satisfait aux mêmes conditions que p sauf à celle d'être positif. Il faut seulement remplacer R par $R + iA$ où A est une transformation linéaire bornée et hermitienne définie par $p'(f, f) = p_i(Af, f)$, (f, $Af \in \mathcal{H}$).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une notion de produit tensoriel topologique d'espaces vectoriels topologiques, et une classe remarquable d'espaces vectoriels liée à cette notion.* Note (*) de M. **Alexandre Grothendieck**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

La théorie dont nous énumérons ci-après quelques résultats, a été inspirée par la théorie des noyaux-distributions de L. Schwartz, et permet de donner, même pour les espaces tels que ($\mathfrak{E}$) et ($\mathfrak{S}$) considérés par cet auteur, des propriétés topologiques nouvelles.

Notations. — $\mathbf{C}$ est le corps complexe ; tous les espaces vectoriels topologiques envisagés sont localement convexes et séparés; si E est un espace vectoriel topologique, E′ désigne son dual, E_f et E'_f (resp. E_τ et E'_τ) désignent E et E′ munis de leur topologie faible [resp. de la topologie $\tau(E, E')$ et $\tau(E', E)$, *voir* ([1])]. Si F est un autre espace vectoriel topologique, $\mathfrak{L}(E, F)$ désigne l'espace des applications linéaires continues de E dans F, $\mathfrak{B}(E, F)$ l'espace des formes bilinéaires sur $E \times F$ continues par rapport à chaque variable, B(E, F) le sous-espace formé des formes bilinéaires continues.

1. *Définitions générales.* — Soient E, F deux espaces vectoriels topologiques, leur produit tensoriel algébrique usuel $E \otimes F$ est en dualité naturelle avec $\mathfrak{B}(E, F)$, ou avec B(E, F) (cette dernière dualité est déjà séparée). Il existe sur $E \otimes F$ une topologie localement convexe et une seule telle que, quel que soit l'espace localement convexe G, dans l'isomorphisme vectoriel classique entre l'espace de *toutes* les applications bilinéaires de $E \times F$ dans G et l'espace de *toutes* les applications linéaires de $E \otimes F$ dans G, aux applications bilinéaires continues correspondent exactement les applications linéaires continues. Cette topologie est aussi la topologie de la convergence uniforme sur les parties équicontinues de B(E, F). Muni de cette topologie, $E \otimes F$ est appelé *produit tensoriel topologique* de E et F, et son complété, noté $\widehat{E \otimes F}$, est appelé produit tensoriel topologique complété de E et F. Son dual est donc B(E, F).

([5]) Pour les équations à coefficients constants, ce cas a été traité par une autre méthode par M. J. Leray (*Sém. Bourbaki*, Mai 1951).

(*) Séance du 3 décembre 1951.

([1]) J. Dieudonné et L. Schwartz, *Annales de Grenoble*, 1, 1949.

Une notion analogue est obtenue en prenant sur $E \otimes F$ la topologie, plus fine, de la convergence uniforme sur les parties de $\mathcal{B}(E, F)$ qui sont « équicontinues par rapport à chaque variable »; on obtient ainsi le *produit tensoriel topologique strict*, son complété sera noté $\overline{E \otimes F}$. Son dual est donc $\mathcal{B}(E, F)$. Les deux notions précédentes coïncident si E et F sont tous les deux des espaces $(\mathcal{F})$, [alors $E \widehat{\otimes} F$ est aussi un espace $(\mathcal{F})$] ou tous les deux des duals forts d'espaces $(\mathcal{F})$ distingués; mais non par exemple quand E est un espace $(\mathcal{F})$ non normable, et F son dual fort.

On a en tous cas une application linéaire continue naturelle $\overline{E \otimes F} \rightarrow E \widehat{\otimes} F$. Si E et F sont complets, on a une application linéaire continue naturelle de $E \widehat{\otimes} F$, et par suite de $\overline{E \otimes F}$ dans $\mathcal{L}(F'_\tau, E)$ muni de la topologie de la convergence uniforme sur les parties équicontinues de F'. Les opérateurs qui sont images d'éléments de $\overline{E \otimes F}$ sont appelés *opérateurs à trace* [car si $F = E'_\tau$, alors sur $\overline{E \otimes E'_\tau}$, dont le dual $\mathcal{B}(E, E'_\tau)$ s'identifie aussi à $\mathcal{L}(E_f, E_f)$, on peut considérer la forme linéaire « *trace* », définie par l'opérateur identique $1 \in \mathcal{L}(E_f, E_f)$]. Les opérateurs à trace dans E constituent exactement le champ naturel de validité de la théorie de Fredholm, dont je donnerai ailleurs un exposé détaillé. Je me bornerai à signaler ici qu'on peut dans des cas très généraux (en particulier si E est un espace de Banach) définir le déterminant de Fredholm d'un opérateur à trace u, c'est une fonction entière dont les zéros sont les valeurs propres de u. *Elle est de genre* 1 *au plus, et de genre zéro si* E *est un Hilbert ou si u est produit de deux opérateurs à trace.*

2. *Cas des espaces* $(\mathcal{F})$. — *Si* E *et* F *sont des espaces* $(\mathcal{F})$, *alors tout* $u \in E \widehat{\otimes} F$ *est de la forme* $u = \sum_i \lambda_i x_i \otimes y_i$, *où* (x_i) *et* (y_i) *sont des suites dans* E *resp.* F *tendant vers zéro, et où* $\sum_i |\lambda_i| \leq 1$, *et réciproquement. Les* x_i, y_i *peuvent être pris resp. dans deux compacts fixes, si l'on suppose que* u *varie dans une partie compacte de* $E \widehat{\otimes} F$. *Les formes linéaires sur* $B(E, F)$ *définies par les* $u \in E \widehat{\otimes} F$ *sont exactement celles qui sont continues pour la topologie de la convergence uniforme sur le produit de deux compacts; si* G *est un espace de Banach, les formes linéaires continues sur* $\mathcal{L}(E, G)$ *muni de la topologie de la convergence compacte, s'identifie à* $E \widehat{\otimes} G'$.

3. *Espaces nucléaires.* — En général, E et F étant des espaces complets, l'application linéaire naturelle de $E \widehat{\otimes} F$ dans $\mathcal{L}(F'_\tau, E)$ muni de la topologie de la convergence uniforme sur les parties équicontinues de F', n'est *ni sur, ni un isomorphisme vectoriel topologique dans*. On dit que l'espace complet E est *nucléaire*, si quel que soit l'espace complet F, l'application linéaire ci-dessus

est un isomorphisme (topologique) sur. Comme exemples, indiquons les espaces ($\mathfrak{E}$) et ($\mathfrak{H}$) de L. Schwartz [*voir* (2)] et les espaces de fonctions holomorphes sur un ouvert du plan complexe. *Pour que l'espace complet* E *soit nucléaire, il faut et il suffit que pour toute partie équicontinue convexe cerclée* A′ *de* E′, *existe une suite* (x'_i) *dans* E′ *tendant fortement vers zéro, une suite* (ρ_i) *de formes lineaires sur l'espace vectoriel* $\mathbf{C}$.A′, *uniformément bornées sur* A′ *et une suite sommable de nombres positifs* $\lambda_i > 0$, *telles que pour* $x' \in$ A′ *on ait*

$$x' = \sum_i \lambda_i \rho_i(x') x'_i .$$

Cela implique qu'il existe une partie équicontinue convexe cerclée fermée $B' \supset A'$ *telle que* A′ *soit partie relativement compacte de* $\mathbf{C}$.B′ *pour la topologie définie par la « boule »* B′; ou, ce qui revient au même, que pour tout voisinage convexe cerclé U de zéro dans E, existe un voisinage V de zéro, précompact pour la topologie définie par le seul voisinage U. *A fortiori*, les parties bornées de E sont relativement compactes, en particulier E est réflexif, *Si* E *est un espace* ($\mathcal{F}$) *nucléaire*, E′ *fort est nucléaire. Si* F *est un sous-espace vectoriel fermé d'un espace nucléaire* E, *alors* F *et* E/F *sont nucléaires.*

On en conclut que si A′ est une partie convexe cerclée de E′/F⁰, et φ l'application canonique de E′ sur E′/F⁰, alors il existe une application linéaire ψ de $\mathbf{C}$.A′ dans E′ telle que ψ(A) soit bornée, et $\varphi \circ \psi =$ identité. Si E est un espace ($\mathcal{F}$) nucléaire, l'énoncé analogue vaut aussi dans E/F lui-même. Le produit vectoriel topologique d'une famille d'espaces nucléaires est nucléaire. Enfin, signalons que tout opérateur compact dans un espace ($\mathcal{F}$) nucléaire est opérateur à trace. On peut montrer que son déterminant de Fredholm a des propriétés très spéciales, impliquant entre autres qu'il est de genre zéro.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les matrices peu différentes d'une matrice triangulaire*. Note (*) de M. **Alexandre Ostrowski**, présentée par M. Henri Villat.

Bornes pour les déterminants et les racines fondamentales portant sur les bornes des modules des éléments situés au-dessous et au-dessus de la diagonale principale.

1. I. *Soit* $A = (a_{\mu\nu})$ ($\mu, \nu = 1, \ldots, n$) *une matrice telle que l'on ait*

$$(1) \qquad |a_{\mu\nu}| \leqq m \quad (\mu > \nu), \qquad |a_{\mu\nu}| \leqq M \quad (\mu < \nu).$$

(2) L. Schwartz, *Act. Sc. et Ind.*, nº 1122, Hermann, Paris.

(*) Séance du 26 novembre 1951.

Posons en supposant $0 < m < M$:

$$\delta(m, M) = \frac{M m^{\frac{1}{n}} - m M^{\frac{1}{n}}}{M^{\frac{1}{n}} - m^{\frac{1}{n}}} \tag{2}$$

et décrivons autour des n éléments $a_{\mu\mu}$ *de* A *les cercles fermés de rayon* $\delta(m, M)$. *Alors toutes les racines fondamentales de* A *sont situées dans ces cercles. La valeur* (2) *de* $\delta(m, M)$ *ne peut être remplacée dans cet énoncé par aucun nombre plus petit.*

2. Le théorème I se déduit facilement du théorème suivant :

II. *Supposons dans les hypothèses de* I *que l'on ait*

$$|a_{\mu\mu}| \geqq 1 \quad (\mu = 1, \ldots, n). \tag{3}$$

Alors la condition nécessaire et suffisante pour que toutes les matrices satisfaisant à ces conditions soient régulières est que l'on ait

$$\frac{m}{(1+m)^n} < \frac{M}{(1+M)^n}. \tag{4}$$

Si (4) *est satisfait le module du déterminant de* A *est*

$$\geqq \frac{(1+m)^n(1+M)^n}{M-m}\left[\frac{M}{(1+M)^n} - \frac{m}{(1+m)^n}\right]. \tag{5}$$

De (4) découlent en particulier les deux conditions *nécessaires*

$$m < \frac{1}{n-1}, \qquad m M^{n-1} < 1. \tag{6}$$

3. Pour un vecteur $\xi = (x_1, \ldots, x_n)$, nous posons généralement

$$|\xi|_1 = \sum_{\nu=1}^{n} |x_\nu|, \qquad |\xi|_\infty = \operatorname{Max}_\nu |x_\nu|, \qquad |\xi|_2 = \sqrt{|x_1|^2 + \ldots + |x_n|^2}. \tag{7}$$

III. *Supposons dans les hypothèses du théorème* II *que la condition* (4) *soit satisfaite et posons* $q = (1+m)/(1+M)$. *Alors on a, si deux vecteurs* ε, η *sont liés par* $\varepsilon = A\eta$, *la relation*

$$|\eta|_\varkappa \leqq \frac{M-m}{(M+1)(Mq^n - m)} |\varepsilon|_\varkappa \qquad (\varkappa = 1, 2, \infty). \tag{8}$$

Pour $\varkappa = 2$ on peut ajouter dans l'expression de droite en (8) le facteur $q^{1/4}$.

4. On peut généraliser le théorème II au cas où les relations (1) et (3) sont remplacées par les inégalités plus générales

$$|a_{\mu\nu}| \leqq m_\mu \quad (\mu > \nu), \qquad |a_{\mu\nu}| \leqq M_\mu \quad (\mu < \nu), \qquad |a_{\mu\mu}| \geqq \varkappa. \tag{9}$$

Alors, la condition nécessaire et suffisante pour que toutes les matrices

satisfaisant aux inégalités (9) soient régulières est que l'on ait

$$(10)\qquad \alpha_1\prod_{\nu=2}^{n}(m_\nu+\alpha_\nu)-\sum_{\varkappa=2}^{n}m_\varkappa\prod_{\mu=\varkappa+1}^{n}(m_\mu+\alpha_\mu)\prod_{\mu=1}^{\varkappa-1}(m_\mu+\alpha_\mu)>0.$$

Si la condition (10) est satisfaite, l'expression de gauche en (10) est la borne inférieure exacte des modules des déterminants du type A. On démontre ce résultat ainsi que le théorème II en calculant la valeur du déterminant

$$(11)\qquad \begin{vmatrix} 1 & -M_1 & \dots & -M_1 \\ -m_2 & 1 & \dots & -M_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -m_n & -m_n & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

et en appliquant un résultat que nous avons établi en 1937 (¹).

Les démonstrations des résultats énoncés seront publiées ailleurs.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une condition de prolongement analytique des fonctions harmoniques.* Note de M. **Robert Gerber**, présentée par M. Henri Villat.

Soit $\mathcal{D}$, un domaine borné, simplement connexe (pour simplifier) du plan $z=x+iy$, limité par une courbe de Jordan simple γ. L'arc $\widehat{ACB}$ de γ est analytique et régulier; l'arc complémentaire peut être à peu près quelconque, mais pour notre objet il est loisible de le supposer doué d'une tangente continue en chacun de ses points.

Soit s l'abscisse curviligne du point courant M de γ, comptée à partir de A pris pour origine et dans le sens positif de la trigonométrie (qui est aussi le sens de parcours A, C, B); on appelle : l l'abscisse (positive) de B; e l'ensemble fermé $0\leqq s\leqq l$; l_1 la longueur totale de γ.

Soit alors $\varphi(z)$ une fonction holomorphe dans $\mathcal{D}$, se réduisant sur γ à $f(s)+ig(s)$. On peut, sans restreindre la portée de notre conclusion, supposer que $f(s)$ et $g(s)$ sont bien définies et intégrables sur $l\leqq s\leqq l_1$ (ceci pour légitimer l'utilisation des formules de M. Villat). Le long de $\widehat{ACB}$ nous admettons que : 1° $f(s)$ et $g(s)$ sont définies et bornées sur e; sur e, $g(s)$ est continue et admet une dérivée finie; [on appellera E_f et E_g les ensembles des valeurs prises respectivement par $g(s)$ et $f(s)$ sur e]; 2° On a :

$$(1)\qquad \frac{dg}{ds}=\Psi[f(s),\, g(s),\, s]$$

Ψ étant une fonction analytique, régulière de f, g, s pour $f\in E_f$, $g\in E_g$, $s\in e$.

(¹) A. Ostrowski, *Comm. Math. Helv.*, 10, 1937, p. 69-96.

Ceci étant, on a le lemme suivant :

$\varphi(z)$ *est prolongeable analytiquement à travers l'arc* $\widehat{ACB}$, *extrémités exclues*.

Notre méthode nous fournit, d'ailleurs, une minorante non nulle du rayon de convergence de $\varphi(z)$ au point de $\widehat{ACB}$ d'abscisse $s(0 < s < l)$.

Ce résultat pourrait être, sans doute, étendu au cas où (1) serait remplacée par une condition de la forme :

$$\frac{d^n g}{ds^n} = \Psi\left(f, g, \frac{dg}{ds}, \frac{df}{ds}, \ldots, \frac{d^{n-1} g}{ds^{n-1}}, \frac{d^{n-1} f}{ds^{n-1}}, s\right),$$

où Ψ est analytique par rapport à l'ensemble de ses arguments dans un domaine convenable et les dérivées $f^{(n-1)}$ et $g^{(n-1)}$ étant supposées exister sur e.

L'énoncé qui précède paraît naturel; mais il ne semble pas avoir été explicité jusqu'ici, bien qu'il puisse rendre des services dans l'étude de plusieurs problèmes aux limites de la physique mathématique, par exemple en justifiant *a priori* divers procédés de calcul approchés de la solution, en garantissant l'existence de certaines expressions intégrales à noyau singulier etc. ([1]). En particulier dans le cas des écoulements plans, permanents, à potentiel des vitesses, des liquides parfaits pesants, la correspondance conforme $Z = Z(z)$ entre le domaine du fluide en mouvement du plan Z et son image dans le plan du potentiel complexe z, fait correspondre à la ligne libre un segment de droite du plan z le long duquel on a une relation du type (1) $dg/ds = \mu e^{-3g} \sin f$, où l'on a posé $dz/dZ = V_0 e^{-i\Omega}$, $\Omega = f + ig$. Notre lemme ci-dessus permet alors d'affirmer l'analyticité de la portion de la ligne libre le long de laquelle on sait *a priori* majorer $|f(s)|$ et $|g(s)|$.

La démonstration du lemme se fait en deux étapes distinctes :

1° On prouve que $f(s)$ et $g(s)$ sont indéfiniment dérivables. A cet effet on se ramène d'abord au moyen d'une représentation conforme au cas où $\mathcal{D}$ est le cercle unitaire $z = e^{is}$. Alors les formules de M. Villat permettent de représenter $\varphi(z)$ au moyen de $g(s)$. Soit H^α l'espace des fonctions vérifiant sur e une condition de Hölder d'exposant α; comme les hypothèses faites entraînent $dg/ds <$ const. sur e, $g(s) \in H^\alpha$. Le théorème de Priwaloff prouve alors que $f(s) \in H^\alpha$. Ainsi $m(s) = \psi[f(s), g(s), s]$ appartient aussi à H^α. Donc $dg/ds \in H^\alpha$, et par suite df/ds existe et $\in H^\alpha$. Cela montre que dm/ds existe et $\in H^\alpha$ en sorte que $d^2 g/ds^2$ existe et $\in H^\alpha$, ainsi que $d^2 f/ds^2$. Le raisonnement se continue indéfiniment ([2]), basé sur les formules de M. Villat et sur le théorème de Priwaloff.

---

(1) On trouvera dans un travail de M. C. Jacob (*Revue roumaine Mathematica*, 9, 1935, p. 88-150) plusieurs exemples de conditions à la frontière du type (1) spécialement dans le cas où dg/ds est une fonction de f et de g à coefficients analytiques en s.

(2) M. J. Leray (*Commentarii Mathematici Helvetici*, 8, 1936, p. 165) a utilisé à propos d'une autre question des raisonnements similaires.

2° Des calculs (assez compliqués), permettent ensuite de construire, sur tout fermé e_1, appartenant à l'intervalle $0 < s < l$, une série entière de s, absolument convergente pour $s \in e_1$, majorante pour les développements tayloriens formés de $g(s)$ et $f(s)$ que légitiment les raisonnements qui précèdent. Il est alors aisé de conclure.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la transformation de Stieltjes d'une série de Taylor et son itération.* Note de M. **Pierre Barrucand**, présentée par M. Henri Villat.

$f(x)$ et $g(x)$ désignant des séries de Taylor dont les coefficients répondent à certaines conditions. Calcul des intégrales

$$A = \int_0^\infty \frac{f(tx)}{1+x}\,dx, \qquad B = \int_0^\infty \frac{f(tx)\log x}{x-1}\,dx, \qquad C = \int_0^\infty f(tx)\,g\left(\frac{1}{x}\right)\frac{dx}{x}$$

et applications aux transformations de Laplace et de Hankel. On a

$$A = -\log x f(-x) - \sum_0^\infty \varphi'(n)\,x^n.$$

Soit $\varphi(s)$ une fonction holomorphe dans le domaine D situé à droite et sur l'axe $\mathcal{R}(s) = -\varepsilon$ et développable en série de Newton (ε étant un nombre positif arbitrairement petit). $\varphi'(s)$ et $\varphi''(s)$ désignent les deux premières dérivées de $\varphi(s)$.

Dans ces conditions Ramanujan [1] a trouvé que si

(1) $$f(x) = \sum_0^\infty \varphi(n)(-x)^n,$$

on a

$$\int_0^\infty f(x)\,x^{s-1}\,dx = \frac{\pi}{\sin \pi s}\varphi(-s).$$

Posons en outre

$$\int_0^\infty \frac{f(y)}{x+y}\,dy = f_1(x), \qquad \int_0^\infty f(xy)\log y\,\frac{dy}{y-1} = f_2(x)$$

et proposons-nous de chercher un développement en série pour $f_1(x)$ et $f_2(x)$.

Il est facile à démontrer que

$$f_1(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_{\varepsilon-i\infty}^{\varepsilon+i\infty} \frac{\pi^2}{\sin^2 \pi s}\varphi(-s)\,x^{-s}\,ds,$$

$$f_2(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_{\varepsilon-i\infty}^{\varepsilon+i\infty} \frac{\pi^3}{\sin^3 \pi s}\varphi(-s)\,x^{-s}\,ds$$

(1) G.-H. Hardy, *Ramanujan*, Oxford, 1941.

et l'on peut calculer la valeur de l'intégrale en faisant la somme des résidus correspondant aux pôles situés à gauche de l'axe d'intégration.

Par exemple au pôle zéro correspondent les développements de Laurent

$$\left[\frac{1}{s^2}+\ldots\right][\varphi(0)-\varphi'(0)s+\ldots]\left[1-\log x\frac{s}{1!}+\ldots\right]$$

et

$$\left[\frac{1}{s^3}+\frac{\pi^2}{2s}+\ldots\right]\left[\varphi(0)-\varphi'(0)s+\varphi''(0)\frac{s^2}{2!}\ldots\right]\left[1-\log x\frac{s}{1!}+\log^2 x\frac{s^2}{2!}\ldots\right],$$

Soient les résidus

$$-\varphi'(0)-\varphi(0)\log x \qquad \text{et} \qquad \frac{\pi^2+\log^2 x}{2}\varphi(0)+\log x\,\varphi'(0)+\frac{\varphi''(0)}{2!}.$$

On en déduit aisément en calculant les autres résidus

$$f_1(x)=-\log x f(-x)-\sum_0^\infty \varphi'(n)x^n, \tag{2}$$

$$f_2(x)=\frac{\pi^2+\log^2 x}{2}f(x)+\log x\sum_0^\infty \varphi'(n)(-x)^n+\sum_0^\infty \frac{\varphi''(n)}{2!}(-x)^n. \tag{3}$$

Soit maintenant

$$g(x)=\sum_0^\infty \xi(n)(-x)^n$$

$\xi(s)$ vérifiant les mêmes conditions que $\varphi'(s)$; on a alors

$$h(x)=\int_0^\infty f(xy)g\left(\frac{1}{y}\right)\frac{dy}{y}=\frac{1}{2\pi i}\int_{\varepsilon-i\infty}^{\varepsilon+i\infty}\frac{\pi^2}{\sin^2\pi s}\varphi(-s)\xi(-s)x^{-s}ds,$$

d'où

$$h(x)=-\log x\sum_0^\infty \varphi(n)\xi(n)x^n-\sum_0^\infty \varphi(n)\xi'(n)x^n-\sum_0^\infty \varphi'(n)\xi(n)x^n. \tag{4}$$

Cette formule permet en particulier de calculer aisément les transformées de Laplace et de Hankel (ordre zéro) de $(1/x)f(1/x)$

$$\int_0^\infty e^{-tx}f\left(\frac{1}{x}\right)\frac{dx}{x}=-\log x\sum_0^\infty \frac{\varphi(n)x^n}{n!}+\sum_0^\infty \frac{\psi(1+n)\varphi(n)}{n!}x^n-\sum_0^\infty \frac{\varphi'(n)x^n}{n!}, \tag{5}$$

$$\int_0^\infty J_0(2\sqrt{tx})f\left(\frac{1}{x}\right)\frac{dx}{x}=-\log x\sum_0^\infty \frac{\varphi(n)x^n}{(n!)^2}+2\sum_0^\infty \frac{\psi(1+n)\varphi(n)x^n}{(n!)^2}-\sum_0^\infty \frac{\varphi'(n)x^n}{(n!)^2}. \tag{6}$$

Les transformées de Fourier et de Hankel d'ordre non nul peuvent s'exprimer aussi, par des formules un peu plus compliquées toutefois.

On peut d'ailleurs obtenir des formules analogues à (2) et (3) pour le développement des autres transformées itérées, mais les calculs sont assez pénibles et ne paraissent pas présenter un très grand intérêt.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Différentielles sur une surface de Riemann ouverte.* Note de M. **Roger Bader**, présentée par M. Paul Montel.

Différentielles analytiques de seconde et de troisième espèce, à une infinité de pôles, dont l'intégrale de Dirichlet, à l'extérieur d'un système quelconque de voisinages des pôles, est finie.

1. Soit S une surface de Riemann, D un domaine relativement compact sur S, de frontière D′ composée de q courbes analytiques fermées. Appelons $\overline{D}$ la fermeture de D, p le genre de D, $\hat{D}$ la surface de Schottky construite à partir de D, $\tilde{D}$ l'image de D sur $\hat{D}$ (¹). Le genre de $\hat{D}$ est $P = 2p + q - 1$.

Désignons par $\dot{S}_a$ (resp. $\dot{\Gamma}_a$) l'espace vectoriel des différentielles analytiques ayant un nombre fini de singularités polaires sur $\hat{D}$ (resp. $\overline{D}$). $\dot{S}_r$ sera le sous-espace de $\dot{S}_a$ dont les éléments sont réels sur D′. $\dot{S}_a$ est la somme directe de $\dot{S}_r$ et de $i\dot{S}_r$. Le sous-espace de $\dot{S}_r$ dont les éléments ont un diviseur relatif à un système de points (a_i) donné, de degré $\leq m$, a $m + P - 1$ dimensions réelles.

Il existe une et une seule différentielle de S_a de périodes données sur $\overline{D}$ et de parties singulières données en un nombre fini de points de $\hat{D}$, si la somme des résidus est nulle.

Étant donné un diviseur $\Delta = \prod_1^n a_i^{h_i}$, $h_i < 0$, $a_i \in D$ nous désignons par $\dot{S}_a(\Delta\tilde{\Delta})$ [resp. $\dot{\Gamma}_a(\Delta)$] le sous-espace de $\dot{S}_a$ (resp. $\dot{\Gamma}_a$) dont les éléments sont multiples de $\Delta\tilde{\Delta}$ (resp. Δ). Si $\Delta_1 = \prod_1^n a_i^{-1}$, on a le lemme suivant (³) :

Lemme 1. — *L'espace des différentielles* $\varphi \in \dot{S}_a(\Delta_1\tilde{\Delta}_1)$, *de résidus opposés en* a_i *et* $\tilde{a}_i$ *est orthogonal et complémentaire à l'espace* $\Gamma_e \cap \Gamma_a$ (²) *dans* $\dot{\Gamma}_a(\Delta_1)$.

La démonstration de ce lemme se fait en écrivant $\varphi = \theta_1 + i\theta_2$ et en remarquant que les résidus des θ sont imaginaires purs en chaque a_i.

Si V désigne un système de voisinage des a_i dans D, et si Ω est une différentielle de $\dot{\Gamma}_a(\Delta_1)$, on voit ainsi que la différentielle $\varphi \in \dot{S}_a(\Delta_1\tilde{\Delta}_1)$, qui a les mêmes périodes que Ω sur $\overline{D}$, les mêmes résidus que Ω en a_i et des résidus opposés

(¹) Les notions non précisées ici sont définies par L. Ahlfors, *Comment. Math. Helv.*, 24, p. 100-134.

(²) Notation d'Ahlfors : Γ_e (resp. Γ_a) espace des différentielles exactes (resp. analytiques) sur $\overline{D}$.

(³) Le produit intérieur est défini par passage à la limite (*voir* Ahlfors, *loc. cit.*).

en a_i et $\tilde{a}_i$, a une norme ([4]) dans $\complement_D V$ inférieure à celle de Ω, dès que V est suffisamment petit.

Le lemme suivant est une généralisation du lemme 3 d'Ahlfors et se démontre de façon identique $\left(\Delta = \prod_1^n a_i^{h_i},\ h_i < 0,\ \text{diviseur quelconque dans D}\right)$.

LEMME 2. — *L'espace* $\dot{S}_a(\Delta\tilde{\Delta})$ *et le sous-espace* $\Gamma_a \cap \Gamma_e$ *tel que* $dF \in \Gamma_a \cap \Gamma_e$, F *soit multiple de* Δ^{-1}, *sont orthogonaux et complémentaires dans* $\dot{\Gamma}_a(\Delta)$.

Étant donné $\Omega \in \dot{\Gamma}_a(\Delta)$, on peut trouver une et une seule différentielle $\varphi \in \dot{S}_a(\Delta\tilde{\Delta})$ qui ait : 1° les mêmes périodes que Ω sur $\overline{D}$; 2° les mêmes $2h_i - 1$ premiers coefficients que Ω en a_i ; 3° $\int_{a_1}^{a_i} (\varphi - \Omega) = 0$, $i = 2, \ldots, n$. Dans la suite, nous désignons par $\mathcal{H}$ ces trois propriétés. On voit alors que la norme de φ dans $\complement_D V$ est inférieure à celle de Ω, si V est suffisamment petit.

2. Nous appellerons $\dot{E}_a$ l'espace des différentielles analytiques ayant au plus des singularités polaires sur S, telles que si V désigne un système de voisinages des points singuliers, $\|\varphi\|^2_{\complement_S V} < \infty$ quel que soit V. C'est un espace vectoriel ([5]). E_a désignera le sous-espace de $\dot{E}_a$ dont les différentielles sont partout régulières sur S. C'est un espace de Hilbert.

Soit Ω une différentielle de $\dot{E}_a$; V un système de voisinage des singularités de Ω sur S ; S_n une exhaustion de S telle que $S'_n \cap V = \varnothing$; φ_n les différentielles de Schottky de S_n ayant les propriétés $\mathcal{H}$ relatives à Ω dans S_n ; D_n les domaines $\complement_{S_{n+1}} \overline{S}_n$; δ_n les différentielles de Schottky de D_n ayant les propriétés $\mathcal{H}$ relatives à Ω dans D_n.

Les quantités $d_k = \lim_V \left\{ \|\Omega\|^2_{\complement_S V} - \|\varphi_k\|^2_{\complement_{S_k} V} - \sum_k^\infty \|\delta_n\|^2_{\complement_{D_n} V} \right\}$ sont finies, positives et non croissantes. On en déduit la convergence des φ_n et plus précisément le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Si* $\Omega \in \dot{E}_a$, Ω *a deux composantes orthogonales : l'une,* φ *qui appartient à* $\dot{E}_a$, *est la limite de différentielles de Schottky d'une exhaustion de* S *et a les propriétés* $\mathcal{H}$ *relatives à* Ω *sur* S*; l'autre,* $\Omega - \varphi$, *appartient à* E_a.

([4]) Intégrale de Dirichlet.

([5]) On montre facilement qu'il existe des différentielles de $\dot{E}_a$ ayant une infinité de singularités sur S.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Théorème d'impossibilité relatif aux fonctions elliptiques analogue à un théorème de M. Borel sur les exponentielles.* Note de M. **Daniel Dugué**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Démonstration de l'impossibilité de $Ap(H_1)+Bp(H_2)=1$, H_1 et H_2 entiers. Étude de la possibilité de $Ap(H_1)+Bp(H_2)=0$. Extension des résultats de M. Borel au cas d'un point singulier isolé.

1. On sait qu'une fonction entière ne peut avoir plus de deux valeurs régulières par rapport à 2 [d'après la terminologie de M. Montel (1)]. Ce fait s'établit au moyen des méthodes de M. Nevanlinna ou au moyen des fonctions automorphes. C'est également une conséquence des résultats par lesquels M. Borel a généralisé le théorème de Picard. En effet soit $\varphi(z)$ une fonction entière ayant trois valeurs régulières par rapport à deux, a, b, c. $E(z)=[2\varphi-(a+b)]/(a-b)$ sera une fonction entière ayant $+1$ et -1 comme valeurs régulières par rapport à 2. $\operatorname{Arc}\sin E(z)$ sera une fonction uniforme et holomorphe $H_1(z)$ (dans cette Note toutes les fonctions H seront des fonctions entières). Donc $E(z)$ sera égal à $\sin H_1(z)$. De même $[2\varphi-(b+c)]/(b-c)$ ayant -1 et $+1$ comme valeurs régulières par rapport à 2 sera égale à $\sin H_2(z)$ et l'élimination de φ a pour conséquence

$$(a-b)(e^{iH_1}-e^{-iH_1})-(b-c)(e^{iH_2}-e^{-iH_2})+2i(a-c)=0$$

ce qui est impossible d'après les théorèmes de M. Borel.

La démonstration de l'impossibilité de cinq valeurs régulières par rapport à 2 pour une fonction méromorphe étant acquise par les méthodes de M. Nevanlinna ou par les fonctions automorphes on peut donner à ce résultat une forme analogue au théorème de M. Borel mais concernant cette fois la fonction elliptique pz au lieu de e^z. Supposons que l'on ait :

$$p[H_1(z)]=\lambda p[H_2(z)]+\mu;$$

$p[H_1(z)]$ va avoir quatre valeurs régulières par rapport à 2, celles de $p(z)$ soit l'infini et a, b, c les trois racines distinctes de $p'^2=4p^3-g_2p-g_3=0$. Donc $a+b+c=0$; $\lambda p(H_2)+\mu$ aura 4 valeurs régulières par rapport à 2, l'infini et $\lambda a+\mu$, $\lambda b+\mu$, $\lambda c+\mu$. Une fonction méromorphe ne pouvant avoir que 4 valeurs régulières par rapport à 2, $\lambda a+\mu$, $\lambda b+\mu$, $\lambda c+\mu$ sont a, b, c dans un autre ordre. On a donc $\lambda(a+b+c)+3\mu=a+b+c=0$ ce qui entraîne : 1° $\mu=0$; 2° soit $\lambda=1$ (a, b, c quelconques) et $H_2=2m\omega+2n\omega'\pm H_1$, p étant quelconque; soit $\lambda=-1$ ($b=-a$, $c=0$) et p est la fonction inverse

(1) *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 33, 1916, p. 223-302.

de $\int \frac{dz}{\sqrt{4(z^3 - a^2 z)}}$; soit $\lambda = e^{2\pi i/3}$ ou $e^{4\pi i/3} = j (b = ja, c = j^2 a)$ et p est inverse de $\int \frac{dz}{\sqrt{4(z^3 - a^3)}}$. Donc

THÉORÈME. — *On ne peut avoir* $Ap(H_1) + Bp(H_2) = 1$, A *et* B *étant des constantes; l'égalité* $Ap(H_1) + Bp(H_2) = 0$ *n'est possible que si* $B/A = -1, +1, e^{2\pi i/3}$ ou $e^{4\pi i/3}$ *p étant arbitraire dans le premier cas et une fonction particulière dans les autres.*

Il se peut que d'une manière plus générale on ne puisse avoir $\Sigma A_i p(H_i) = 1$.

2. Je ne crois pas avoir vu dans l'analyse des travaux qu'a entraînés le célèbre Mémoire de M. Borel, *Sur les zéros des fonctions entières* [2], la remarque que la démonstration de l'impossibilité sous certaines conditions de relations de la forme $\Sigma G_i(z)\, e^{H_i(z)} = 0$ est encore valable G_i et H_i étant holomorphes autour d'un point isolé (seul le cas ou G et H sont entières est étudié dans le mémoire). Il suffit de remarquer que les inégalités sur la croissance du maximum du module et de la partie réelle qu'utilise M. Borel et qu'il établit à partir du développement en série sont comme l'a montré M. Carathéodory la conséquence du théorème de Schwarz et que ce dernier peut être généralisé de la façon suivante qui le rend valable pour des fonctions holomorphes au delà d'un certain cercle :

Si $f(z)$ *est holomorphe pour* $r < |z| < R < \infty$ *on a* pour R assez grand

$$|f(z)| < \frac{M(R)}{R} |z|.$$

CALCUL SYMBOLIQUE. — *Nouvelles images pour la fonction de Gauss.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Henri Villat.

On peut supposer que, dans la fonction hypergéométrique de Gauss,

$$F(\alpha, \beta; \gamma; x) = \sum_{0}^{\infty} \frac{(\alpha, n)(\beta, n)}{(\gamma, n)(1, n)} x^n,$$

le paramètre γ soit la variable symbolique p, et chercher alors quel est l'original de cette fonction, considérée comme image. On y arrivera facilement par une décomposition en éléments simples, qui conduira à la relation

$$F(\alpha, \beta; p+1; x) = 1 + \sum_{1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{p+n} \frac{(\alpha, n)(\beta, n)}{n!(n-1!} x^n F(\alpha+n, \beta+n; n+1; x).$$

Comme on connaît la correspondance

$$\frac{1}{p+n} \subset -\frac{e^{-nt} - 1}{n},$$

(2) *Acta Mathematica*, **20**, 1897, p. 357-396.

on pourra écrire symboliquement

$$F(\alpha, \beta; p+1; x) \subset 1 + \sum_{1}^{\infty} \frac{(-1)^n (e^{-nt} - 1)}{n!\, n!} (\alpha, n)(\beta, n) x^n F(\alpha + n, \beta + n; n+1; x).$$

La limite du premier membre pour $p = 0$ étant la même que celle du second membre pour t infini, on a la relation

$$F(\alpha, \beta; 1; x) = 1 - \sum_{0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n!\, n!} (\alpha, n)(\beta, n) x^n F(\alpha + n, \beta + n; n+1; x),$$

ce qui permet d'écrire la relation symbolique définitive

$$F(\alpha, \beta; p+1; x) \subset \sum_{0}^{\infty} \frac{(-1)^n e^{-nt}}{n!\, n!} (\alpha, n)(\beta, n) x^n F(\alpha + n, \beta + n; n+1; x)$$

qui peut encore se mettre sous la forme

$$F(\alpha, \beta; p+1; x) \subset \sum_{0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n!} e^{-nt} x^n \frac{d^n}{dx^n} F(\alpha, \beta; 1; x).$$

On généralisera aisément, pour une fonction hypergéométrique d'ordre quelconque :

$${}_rF_s(\alpha_1, \ldots, \alpha_r; \gamma_1, \ldots, \gamma_{s-1}, p+1; x) \subset \sum_{0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n!} e^{-nt} x^n \frac{d^n}{dx^n} F_s(\alpha_1, \ldots, \alpha_r; \gamma_1, \ldots, \gamma_{s-1}, 1; x).$$

Revenant à l'image de la fonction de Gauss, nous pouvons en tirer une correspondance nouvelle en y faisant $x = 1$. Les deux fonctions hypergéométriques sont alors égales, la première à

$$\frac{\Gamma(p+1)\Gamma(p-\alpha-\beta+1)}{\Gamma(p-\alpha+1)\Gamma(p-\beta+1)}$$

et la seconde à

$$\frac{\Gamma(n+1)\Gamma(1-\alpha-\beta-n)}{\Gamma(1-\alpha)\Gamma(1-\beta)}$$

On peut écrire, par le jeu des formules eulériennes,

$$\Gamma(1-\alpha-\beta-n) = (-1)^n \frac{\Gamma(1-\alpha-\beta)}{(\alpha+\beta, n)}$$

ce qui conduit alors à une correspondance où le second membre est

$$\sum_{0}^{\infty} \frac{e^{-nt}}{n!} \frac{(\alpha, n)(\beta, n)}{(\alpha+\beta, n)} \frac{\Gamma(1-\alpha-\beta)}{\Gamma(1-\alpha)\Gamma(1-\beta)}$$

et par conséquent à la curieuse formule

$$F(\alpha, \beta; \alpha+\beta; e^{-t}) \supset \frac{\Gamma(1-\alpha)\Gamma(1-\beta)\Gamma(p+1)\Gamma(p-\alpha-\beta+1)}{\Gamma(1-\alpha-\beta)\Gamma(p-\alpha+1)\Gamma(p-\beta+1)}$$

que l'on vérifiera aisément pour certaines valeurs particulières de α et β, ou directement en cherchant l'image du premier membre. Or le développement de ce premier membre est

$$\sum \frac{(\alpha, n)(\beta, n)}{(\alpha+\beta, n)\, n\,!} e^{-nt},$$

dont l'image est

$$\sum \frac{(\alpha, n)(\beta, n)}{(\alpha+\beta, n)\, n\,!} \frac{p}{p+n},$$

ce qui, en multipliant haut et bas par $(p+1)(p+2)\ldots(p+n-1)$, devient

$$\sum \frac{(\alpha, n)(\beta, n)(p, n)}{(\alpha+\beta, n)(p+1, n)\, n\,!} = {}_3F_2(\alpha, \beta, p; \alpha+\beta, p+1; 1).$$

On obtient donc, pour cette fonction hypergéométrique de Clausen, la formule (que je n'ai jusqu'ici pas rencontrée)

$${}_3F_2(\alpha, \beta, \gamma; \alpha+\beta, \gamma+1; 1) = \frac{\Gamma(1-\alpha)\Gamma(1-\beta)\Gamma(\gamma+1)\Gamma(\gamma-\alpha-\beta+1)}{\Gamma(1-\alpha-\beta)\Gamma(\gamma-\alpha+1)\Gamma(\gamma-\beta+1)}.$$

TOPOLOGIE. — *Espaces compacts au sens de la convergence simple.* Note [1] de M. **Léon Motchane**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On considère un espace fonctionnel d'applications d'un ensemble abstrait quelconque dans un espace métrique compact. On établit les conditions nécessaires et suffisantes auxquelles doivent satisfaire ces applications pour que la topologie de l'espace fonctionnel induite par la convergence simple des applications, soit celle d'un espace compact métrisable.

Nous énoncerons quelques résultats relatifs à l'étude d'un problème qu'on rencontre constamment dans la théorie des fonctions : on considère une suite convergente de fonctions, toutes pourvues d'un caractère commun (par exemple métrique, topologique ou mixte); dans quelles conditions la fonction limite est-elle pourvue du même caractère ?

Ou, plus généralement : dans quelles conditions (éventuellement nécessaires et suffisantes) une famille $\mathcal{F}$ d'applications d'un ensemble abstrait E quelconque dans un espace K métrique, possède la structure topologique (induite par la *convergence simple* d'applications de E dans K) d'un espace métrique compact ?

Ce problème peut être entièrement résolu si K est supposé compact.

La famille ou espace fonctionnel, $\mathcal{F}(f)$ sera dite *compacte* (resp. *compacte métrisable*) *au sens de la convergence simple*, si sa topologie induite par la convergence simple des f est celle d'un espace compact (resp. compact métrisable).

---

[1] *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1208.

Définitions 1. — Soit I un ensemble d'indices, Z l'ensemble des entiers positifs et, pour tout $i \in I$ et pour tout $n \in Z$, $e(n, i)$ un sous-ensemble éventuellement vide de E.

a. Une famille d'ensembles $e(n, i)$ forme un *système essentiel* $\mathcal{E}$, si pour tout $n \in Z$ on a $\bigcup_{i \in I} e(n, i) = E$ et pour tout $n \in Z$, il existe un ensemble dénombrable $I_n \subset I$ tel que si l'on pose $s(n) = \bigcup_{i \in I_n} e(n, i)$, la réunion $r(n)$ des $e(n, i)$ qui rencontrent $s(n)$ est identique à E.

b. On dira que $\mathcal{F}(f)$ est *équi-associée* à un système essentiel $\mathcal{E}$, si pour tout $n \in Z$, pour tout $i \in I$ et pour tout $f \in \mathcal{F}$, on a

$$[\text{oscillation de } f \text{ sur } e(n, i)] < \frac{1}{n}.$$

On montre que si la famille $\mathcal{F}$ est équi-associée à un système essentiel $\mathcal{E}$, il existe un sous-ensemble dénombrable $D \subset E$, indépendant de $\mathcal{F}$, tel que la convergence des f en tout point de D entraîne leur convergence en tout point de E. Plus généralement :

Définitions 2. — On dira que $\mathcal{F}$ est *continument déterminable* D, si, pour toute suite $\{f_\alpha\} \subset \mathcal{F}$ et tout $f \in \mathcal{F}$, chaque fois que $\{f_\alpha\}$ converge vers f en tout point de D, $\{f_\alpha\}$ converge vers f en tout point de E.

On dira que $\mathcal{F}$ continument déterminable D est *close*, si toute suite $\{f_\alpha\} \subset \mathcal{F}$ qui converge en tout point de D, converge en tout point de D vers la restriction à D d'une application $f \in \mathcal{F}$.

I. Supposons K compact. On montre d'abord : « si $\mathcal{F}$ est équi-associée à un système essentiel $\mathcal{E}$, il existe un ensemble dénombrable $D \subset E$ tel que $\mathcal{F}$ soit continument déterminable D et close ». Ensuite : « si $\mathcal{F}$ est continument déterminable D et close, $\mathcal{F}$ a la structure d'un espace compact métrisable ([2]) au sens de la convergence simple ». D'où le

THÉORÈME 1. — *Si $\mathcal{F}$ est équi-associée à un système essentiel $\mathcal{E}$, la structure topologique de $\mathcal{F}$ est celle d'un espace compact métrisable au sens de la convergence simple* ».

Une démonstration topologique simple permet d'établir la réciproque :

THÉORÈME 2. — « *Si l'espace fonctionnel $\mathcal{F}$ est compact métrisable au sens de la convergence simple* (*des applications f de* E *dans* K *compact métrisable*), *la famille $\mathcal{F}$ d'applications f est équi-associée à un système essentiel $\mathcal{E}$* ».

Nous avons obtenu ainsi tous les espaces compacts au sens de la convergence simple et, en particulier, *les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une caractérisation, commune aux fonctions qui forment une suite simplement convergente, s'applique à la fonction limite.*

([2]) Une métrique simple sur $\mathcal{F}$ a été suggérée par M. Choquet, voir *loc. cit.*

Dans les applications aux fonctions numériques, on prendra soin de choisir K compact. Exemple : K est la droite numérique augmentée des points $+\infty$ et $-\infty$.

II. *Exemples de systèmes essentiels* $\mathcal{E}$ (Définitions 1, *a*). — Si E est le segment $[0-1]$, posons $I \equiv E$.

1. Posons pour tout n et tout x, $e(n, x) =$ *un ensemble ouvert contenant* x. La famille $\mathcal{E}$ des $e(n, x)$ constitue un système essentiel. Une famille de fonctions équi-associée à $\mathcal{E}$ et dite *également continue*. Toute convergence est une convergence uniforme.

2. Pour tout n et pour tout x, posons $e(n, x) = x \cup$ [*ensemble ouvert ayant* x *comme point d'accumulation*]. Une famille de fonctions équi-associée à un tel système $\mathcal{E}$ est dite *équi-quasi-continue.* [1]

3. En posant pour tout n et pour tout x, $e(n, x) =$ *ensemble mesurable d'épaisseur un et contenant* x, on obtient une famille de fonctions *également continues en mesure* (*ou équi-approximativement continues*).

4. Si pour tout n et pour tout x, $e(n, x) = x \cup$ [*ensemble mesurable de mesure* > 0 *ayant* x *comme point d'accumulation*], on obtient une famille *également quasi-continue en mesure*.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les variétés presque complexes* V_{2n} *munies d'un champ de n-éléments réels* [1]. Note de M[lle] **Paulette Libermann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Sur une variété presque complexe V_{2n}, à la donnée d'un champ de n-éléments réels est associée une connexion affine. Courbure et torsion. Condition pour que le champ et son transformé par les automorphismes $\mathcal{J}$ (qui définissent la structure presque complexe) soient complètement intégrables.

1. Soit V_{2n} une variété trois fois différentiable de dimension $2n$ et considérons sur V_{2n} la structure s définie par la donnée d'une structure *presque complexe* et d'un champ deux fois différentiable C_1 de n-éléments de contact *réels*. La structure presque complexe est déterminée par un champ d'automorphismes $\mathcal{J}$ de l'espace vectoriel R_x^{2n} tangent à V_{2n} en $x \in V_{2n}$; un élément de contact X_n au point x est dit réel lorsque l'intersection de X_n et de son transformé par $\mathcal{J}$ se réduit à x [2]. Le champ C_1 s'appellera le champ réel de la structure, son transformé C_2 par $\mathcal{J}$ le champ imaginaire pur.

---

(1) Cette Note pour la rédaction de laquelle je dois certaines suggestions à M. Ch. Ehresmann, fait suite à deux Notes antérieures désignées par (I) (Ch. Ehresmann et P. Libermann, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1281) et (II) (P. Libermann, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 17).

(2) Ch. Ehresmann, *Sur les variétés presque complexes* [*Séminaire Bourbaki*, 1950 et *Proc. Int. Cong. Math.*, 1950 (sous presse)].

Localement la structure est déterminée par n formes de Pfaff complexes $\omega^1, \ldots, \omega^n$ telles que : $\omega^j = \alpha^j + i\beta^j$, les $2n$ formes réelles α^j, β^j étant linéairement indépendantes et le champ C_1 (resp. C_2) étant défini par :

$$(1) \qquad \beta^1 = 0, \ \ldots, \ \beta^n = 0, \qquad (\text{resp. } \alpha^1 = 0, \ \ldots, \ \alpha^n = 0).$$

La même structure $\mathfrak{s}$ est déterminée par n formes de Pfaff ω'^k telles que :

$$(2) \qquad \omega'^k = \Sigma u_j^k \omega^j,$$

les u_j^k étant des fonctions locales sur V_{2n} à valeurs *réelles*. Les transformations (2) forment un sous-groupe du groupe linéaire complexe L'_n, sous-groupe isomorphe au groupe linéaire réel L_n.

On peut déterminer de manière unique des formes *réelles* ω_s^j, linéaires en ω^l et $\bar{\omega}^l$ vérifiant les équations

$$(3) \qquad \begin{cases} d\omega^j = \Sigma\, \omega^s \wedge \omega_s^j + \Sigma A_{sl}^j\, \omega^s \wedge \omega^l + \Sigma B_{sl}^j\, \bar{\omega}^s \wedge \bar{\omega}^l, \\ A_{sl}^j + A_{ls}^j = 0, \qquad B_{sl}^j + B_{ls}^j = 0. \end{cases}$$

Ainsi sur la variété presque complexe V_{2n}, aux champs C_1 et C_2 est associée de façon canonique une connexion affine. Les formes $\Omega^j = \Sigma A_{sl}^j \omega^s \wedge \omega^l$ et $\Gamma^j = \Sigma B_{sl}^j \bar{\omega}^s \wedge \bar{\omega}^l$ définissent respectivement la première et la deuxième torsion de la structure. On définit la courbure par les formes réelles $\Omega_s^j = d\omega_s^j - \Sigma \omega_s^h \wedge \omega_h^j$ qui vérifient les équations

$$(4) \qquad \begin{cases} d(\Omega^j + \Gamma^j) + \Sigma(\Omega^s + \Gamma^s) \wedge \omega_s^j - \Sigma\, \omega^s \wedge \Omega_s^j = 0, \\ d\Omega_s^j + \Sigma \Omega_s^h \wedge \omega_h^j - \Sigma \omega_s^h \wedge \Omega_h^j = 0. \end{cases}$$

De même, aux formes ω'^k, on associe les formes $\omega_s'^k$, Ω'^k, $\Omega_s'^k$ telles que

$$\omega_s'^k = \Sigma u_j^k v_s^l \omega_l^j + \Sigma u_j^k\, dv_s^j,$$
$$\Omega_s'^k = \Sigma u_j^k\, v_s^l\, \Omega_l^j, \qquad \Omega'^k = \Sigma u_j^k\, \Omega^j, \qquad \Gamma'^k = \Sigma u_j^k\, \Gamma^j,$$

où la matrice $\| v_s^l \|$ est l'inverse de la matrice $\| u_j^k \|$.

Théorème 1. — *Pour qu'il existe un système de coordonnées locales $z^1, \ldots, z^n$ (où $z^j = x^j + iy^j$) tel que les champs C_1 et C_2 soient respectivement définis par $dy^1 = 0, \ldots, dy^n = 0$ et $dx^1 = 0, \ldots, dx^n = 0$, il faut et il suffit que la courbure et la torsion soient nulles.* Dans ce cas nous dirons que la structure est *intégrable*.

Théorème 2. — *Pour que le champ réel C_1 (resp. imaginaire pur C_2) soit complètement intégrable, il faut et il suffit que $A_{sl}^j + B_{sl}^j$ soit réel (resp. purement imaginaire)* $(j, s, l = 1, \ldots, n)$.

Conséquence. — *Pour que les champs C_1 et C_2 soient tous deux complètement intégrables, il faut et il suffit que $A_{sl}^j + B_{sl}^j = 0$ $(j, s, l = 1, \ldots, n)$.*

Remarques. — 1° Un des champs étant complètement intégrable, pour que la

connexion affine induite sur ses variétés intégrales soit sans torsion, il faut et il suffit que l'autre champ soit aussi complètement intégrable.

2° Si la stucture est *complexe*, on a $B^j_{sl} = 0$; donc *pour que* C_1 et C_2 *soient complètement intégrables, il faut et il suffit que* $\Omega^j = 0$. On démontre que la connexion induite sur les variétés intégrales est alors à courbure nulle : *la structure induite sur les variétés intégrales des deux champs est une structure d'espace localement affine.*

2. Les forme $\varphi_1 = 2\Sigma A^j_{kj}\omega^k$, $\varphi_2 = 2\Sigma A^j_{\bar{k}j}\bar{\omega}^k$, $\varphi_3 = 2\Sigma B^j_{kj}\omega^k$, $\varphi_4 = 2\Sigma B^j_{\bar{k}j}\bar{\omega}^k$ sont invariantes par les changements de repère (2), ce qui permet en général pour $n \leqq 4$ de déterminer le repère canoniquement; à la structure $\mathfrak{s}$ sont associés en général quatre champs P_1, P_2, P_3, P_4 de $(2n-2)$-éléments complexes [2] définis respectivement par $\varphi_1 = 0$, $\bar{\varphi}_1 = 0$; $\varphi_2 = 0$, $\bar{\varphi}_2 = 0$; $\varphi_3 = 0$, $\bar{\varphi}_3 = 0$; $\varphi_4 = 0$, $\bar{\varphi}_4 = 0$ [3].

Si l'on effectue la transformation $\mathcal{C}_\lambda$ définie par $\varpi^j = \lambda\omega^j$ où λ est un scalaire qu'on peut supposer de module 1 (soit $\lambda = \cos\rho + i\sin\rho$), on transforme les champs C_1 et C_2 en deux champs $(C_1)_\lambda$ et $(C_2)_\lambda$ définis respectivement par

$$\alpha^j \sin\rho + \beta^j \cos\rho = 0 \qquad \text{et} \qquad \alpha^j \cos\rho - \beta^j \sin\rho = 0 \qquad (j = 1, \ldots, n).$$

Les formes φ_3 et φ_4 étant respectivement transformées en $\lambda^4\varphi_3$ et $\lambda^2\varphi_4$, *la transformation* $\mathcal{C}_\lambda$ *laisse invariants les champs complexes* P_3 *et* P_4. La forme $\psi_1 = \varphi_1 - \bar{\varphi}_1$, transformée en $\psi'_1 = \psi_1 + 2(n-1)\,d\lambda/\lambda$ sera appelée *forme de torsion.*

De même que pour les structures presque hermitiennes (II), on définit la *courbure conforme* par : $\Pi^j_s = \Omega^j_s - \delta^j_s \Sigma\Omega^l_l/n$; *la première torsion conforme* est définie par : $\Pi^j = \Omega^j - \varphi_1 \wedge \omega^j/(n-1)$, la deuxième torsion conforme étant par définition identique à la deuxième torsion.

Théorème 3. — *Pour qu'il existe une fonction* λ *telle que la structure* $\mathfrak{s}_\lambda$ *associée aux champs* $(C_1)_\lambda$ *et* $(C_2)_\lambda$ *soit intégrable, il faut et pour* $n > 2$, *il suffit que la courbure et la torsion conformes soient nulles* [4].

Théorème 4. — *Lorsque la structure est complexe, pour qu'il existe une fonction* λ *telle que les champs* $(C_1)_\lambda$ *et* $(C_2)_\lambda$ *soient complètement intégrables, il faut et il suffit que la torsion conforme et la différentielle de la forme de torsion soient nulles.*

---

(3) Pour $n = 2$, le champ P_3 est identique au champ P associé à la structure presque complexe (P. Libermann, *Bull. Sc. Acad. Roy. Belgique*, 1950).

(4) Si $n > 2$, $\Pi^j = 0$ entraîne $d\psi_1 = 0$ (*voir* II); si $n = 2$, $\Pi^j = 0$ identiquement, mais il faut ajouter la condition $d\psi_1 = 0$.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Équations de Lagrange et équations canoniques.* Note (*) de M. **Marcel Mendes**, présentée par M. Jean Chazy.

Étude du passage des équations de Lagrange aux équations canoniques : réciprocité des fonctions génératrices des deux systèmes d'équations. Équivalence des systèmes canoniques à même nombre de degrés de liberté. Généralisation des équations canoniques dans un cas étudié par Delassus.

1. Soit un problème de Mécanique se résolvant au moyen des équations de Lagrange engendrées par une fonction $L(q, q', t)$. Les variables p conjuguées des q et la fonction génératrice $H(q, p, t)$ des équations canoniques correspondantes étant définies par les relations

$$p = \frac{\partial L}{\partial q'}, \qquad H = \Sigma pq' - L,$$

on a, inversement,

$$q' = \frac{\partial H}{\partial p}, \qquad L = \Sigma pq' - H.$$

Le fait que ces dernières relations se déduisent des premières par échange des variables q', p et des fonctions L, H, montre que, si l'on considère un second problème se résolvant au moyen des équations de Lagrange engendrées par la fonction $H(q, q', t)$, le système canonique correspondant est engendré par la fonction $L(q, p, t)$.

De sorte qu'à chaque problème défini par les fonctions génératrices de Lagrange et de Hamilton $L(q, q', t)$, $H(q, p, t)$ correspond un autre problème défini par les fonctions $H(q, q', t)$, $L(q, p, t)$ obtenues par échange des q' et p.

Un problème sera son propre associé si l'on a $H(q, q', t) \equiv L(q, q', t)$. C'est le cas des *systèmes ponctuels* à fonction de forces nulle définis par $L = 1/2\, \Sigma q_i'^2$.

2. Soit une transformation canonique $(q, p) \to (Q, P)$ pouvant dépendre de t, telle que l'on ait

$$\Sigma(kP\,\delta Q - p\,\delta q) = \delta V(q, Q, t) \qquad (k = \text{const.}).$$

A la nouvelle fonction hamiltonienne $\mathcal{H}$ définie par l'égalité

$$k\mathcal{H}(Q, P, t) = H(q, p, t) - \frac{\partial V}{\partial t}$$

correspond la nouvelle fonction lagrangienne $\mathcal{L}$ définie par

$$k\mathcal{L}(Q, Q', t) = L(q, q', t) + \frac{dV}{dt}.$$

S'il y a conservation des q, V ne dépendant alors que des q et de t, on retombe sur les fonctions génératrices équivalentes de Delassus ([1]).

(*) Séance du 3 décembre 1951.

([1]) *Leçons sur la Dynamique des systèmes matériels*, p. 74.

3. Soient les deux systèmes d'équations canoniques définis par les fonctions $H(q, p, t)$, $\mathcal{H}(Q, P, t)$. On passe de l'un à l'autre par le changement de variables défini par

$$kP = \frac{\partial V}{\partial Q}, \qquad p = -\frac{\partial V}{\partial q}, \qquad (k, \text{ constante arbitraire}),$$

$V(q, Q, t)$ étant une intégrale de l'équation

$$(1) \qquad k\mathcal{H}\left(Q, \frac{1}{k}\frac{\partial V}{\partial Q}, t\right) = H\left(q, -\frac{\partial V}{\partial q}, t\right) - \frac{\partial V}{\partial t}.$$

On en déduit que *l'intégration d'un système canonique se ramène à celle d'un système canonique arbitraire à même nombre de variables et à la recherche d'une intégrale particulière d'une équation aux dérivées partielles de la forme* (1) [2].

4. Delassus a étudié [3] les problèmes se ramenant, l'opération D_λ appliquée à une fonction des q, q', t étant définie par

$$D_\lambda = \frac{d}{dt} + \lambda\frac{\partial}{\partial t},$$

à l'intégration des équations

$$D_\lambda\left(\frac{\partial L}{\partial q'}\right) - \frac{\partial L}{\partial q} = 0.$$

Posant encore $\partial L/\partial q' = p$, on obtient, comme généralisation des équations canoniques,

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p}, \qquad D_\lambda p = \frac{dp}{dt} + \lambda\frac{\partial A}{\partial t} = -\frac{\partial H}{\partial q},$$

A désignant, dans la portion homogène du premier degré aux q' de L, le coefficient de q'. La considération de ces équations permet de retrouver facilement les résultats de Delassus.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la relation de phase luminosité-vitesse des céphéides.*

Note de Mme **Perrine Dumézil-Curien**, présentée par M. André Danjon.

On étudie les conditions de raccordement à une surface de discontinuité de γ dans les couches extérieures d'une étoile pulsant radialement. Il semble que la considération d'une ou plusieurs discontinuités de ce type permettrait d'obtenir une explication quantitative de la relation de phase observée.

Les efforts pour rendre compte du déphasage observé chez les céphéides entre la variation du flux lumineux à la surface et le déplacement par les phé-

---

(2) *Cf.* H. Vergne, *Bull. Sci. math.*, **41**, 1917, p. 331.

(3) *Bull. Sci. math.*, **49**, 1925, p. 8.

nomènes de dissipation dans les couches extérieures de l'étoile ([1]), ([2]), n'ont pas réussi à expliquer la grande valeur de ce déphasage (70-80°). Mais on prenait le rapport des chaleurs spécifiques γ constant dans toute l'étoile, négligeant ainsi les variations d'énergie interne d'ionisation dans la zone ($\mathcal{I}$) où H est partiellement ionisé; or les variations de luminosité observées sont de l'ordre de grandeur de l'énergie d'ionisation dans ($\mathcal{I}$). Eddington ([3]) le premier a attiré l'attention sur l'importance de cette zone où γ peut devenir voisin de 1. Jevakin ([4]) l'a étudiée récemment au point de vue de l'origine et du maintien des pulsations, mais aucune étude quantitative du déphasage ne semble encore avoir été tentée.

En venant de l'intérieur de l'étoile (où $\gamma = 5/3$) la diminution de γ est très rapide, en sorte qu'en première approximation on peut assimiler la région où elle se produit à une surface de discontinuité de γ, (S), de part et d'autre de laquelle on aurait γ et γ' constants ($\gamma' < \gamma = 5/3$). La variation rapide de γ est liée à l'apparition dans l'expression de l'énergie interne par gramme de matière, E, d'un terme variable supplémentaire, l'énergie interne d'ionisation E_i :

$$E = \frac{3}{2}\frac{p}{\rho} + E_i = \frac{3}{2}\frac{p}{\rho} + \frac{X}{H}\chi_H x,$$

X est l'abondance en H par gramme, χ_H et x le potentiel et le degré d'ionisation de H; (je ne tiens compte ici que de l'ionisation de H, quitte à examiner plus tard l'effet de discontinuités plus profondes, dues aux ionisations de He). A la discontinuité de γ correspond donc une faible discontinuité de $x(x=1, x')$, entraînant néanmoins une discontinuité appréciable sur E, à cause de la valeur élevée de χ_H; c'est cette discontinuité dans E qui peut entraîner une discontinuité dans la variation du flux F, en amplitude et en phase : au cours de la pulsation, (S) se déplace, définissant les variations de l'épaisseur de ($\mathcal{I}$); pendant la contraction ($V < 0$), des particules d'énergie E' passent dans le milieu d'énergie $E > E'$; pour cela l'énergie doit être empruntée au flux de chaleur et $F - F' > 0$; inversement pendant la dilatation ($V > 0$), on doit avoir $F - F' < 0$.

Les travaux signalés ([1]), ([2]), ont montré que du côté intérieur de (S) il ne se produisait pas de déphasage appréciable. J'examine ici ce qui se passe à l'entrée de ($\mathcal{I}$) et je donne les conditions de raccordement en (S) permettant de calculer les valeurs V', p', ρ', T' et F' de la vitesse de pulsation, de la pression, de la densité, de la température et du flux du côté extérieur de (S) à partir des valeurs V, p, ρ, T et F de l'autre côté. Avec ces nouvelles valeurs

---

([1]) Eddington, *Monthly Notices R. A. S.*, 87, 1927, p. 414.

([2]) Schwarzschild, *Z. Astrophys.*, 15, 1938, p. 14.

([3]) *Monthly Notices R. A. S.*, 101, 1941, p. 182.

([4]) *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 62, 1948, p. 191.

initiales et γ' constant $< \gamma$, on pourra tenter ultérieurement une résolution approchée des équations de la pulsation du côté extérieur de (S).

Dans l'étoile au repos, p, T et F sont continus à travers (S) mais la discontinuité sur x entraîne des discontinuités sur E, $\mu = \mu_0(1+x)^{-1}$ (poids moléculaire moyen) et ρ (ρ/μ continu).

Quand l'étoile pulse, (S) se déplace avec une vitesse u; les conditions de raccordement remplaçant en (S) les équations différentielles du mouvement expriment la conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie

$$\rho(u - V) = \rho'(u - V'), \tag{1}$$

$$\rho(u - V)(V' - V) = p' - p, \tag{2}$$

$$\rho(u - V)\left(E - E' + \frac{1}{2}V^2 - \frac{1}{2}V'^2\right) = pV - p'V' + F - F', \tag{3}$$

[(1), (2), (3) ne sont autres que les équations de Rankine-Hugoniot au front d'une onde de choc, où l'on tient compte dans (3) du flux de chaleur dans l'étoile].

Si l'on adjoint à ces trois équations, l'équation des gaz parfaits

$$\frac{p}{\rho}\frac{\mu}{T} = \frac{p'}{\rho'}\frac{\mu'}{T'} = \left(\frac{k}{H}\right) \tag{4}$$

et la condition de continuité de la température

$$T' - T = 0 \tag{5}$$

provenant de l'intégration instantanée de l'équation de transfert sur l'épaisseur infiniment petite de (S), ces cinq équations permettent de déterminer rigoureusement à chaque instant V', p', ρ', T', F' à partir de V, p, ρ, T, F.

Mais on peut obtenir directement, au troisième ordre près, une expression de $F' - F$; (3) s'écrit en effet à l'aide de (1) et (2)

$$F' - F = \rho(u - V)\left[E' - E + \frac{p'}{\rho'} - \frac{p}{\rho} + \frac{1}{2}(u - V)^2\left\{\left(\frac{\rho}{\rho'}\right)^2 - 1\right\}\right]$$

ou, en tenant compte de (4), (5), des expression de E et de μ et en négligeant le terme en $(u - V)^3$

$$F' - F = \rho(u - V)\frac{kT}{\mu_0 H}(x' - x)\left(\frac{5}{2} + \mu_0 X\frac{\chi_H}{kT}\right) = (u - V)p\frac{x' - x}{1 + x}\left(\frac{5}{2} + \mu_0 X\frac{\chi_H}{kT}\right). \tag{6}$$

Il faut noter qu'au deuxième ordre près, à cause de la continuité du flux et de sa divergence dans l'étoile au repos, $F' - F$ est égal à la discontinuité $\delta F' - \delta F$ sur la variation de Lagrange du flux à travers la surface du fluide dont la position moyenne coïncide avec celle de (S). D'autre part le mouvement de (S) peut être défini en première approximation comme le mouvement

d'une surface où x reste constant : quand V est < 0, l'ionisation augmente, u est > 0 : u varie donc en opposition de phase avec V; par suite $\delta F' - \delta F$ varie en phase avec V.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Espace physique et espace-temps d'un observateur en relation avec d'autres observateurs.* Note de Mme **Florence Aeschlimann**, présentée par M. Louis de Broglie.

On examine les conditions imposées à l'espace physique et à l'espace-temps d'un observateur qui échange des signaux avec d'autres observateurs. Examen du rôle d'un « Weltbild ».

1° Dans des Notes précédentes [1], nous avons examiné la façon dont un observateur solitaire construit un espace physique en le considérant, non comme une réalité objective, mais comme un cadre de représentation de ses résultats de mesures. L'observateur se place à l'origine des coordonnées; en son voisinage (domaine de ses expériences géométriques directes), la géométrie euclidienne est pratiquement valable. Au moyen de signaux du type radar, il attribue aux systèmes très éloignés des distances conventionnelles soumises à une condition de raccordement au domaine de l'expérience géométrique. Un tel espace est largement indéterminé et les conditions imposées sont telles que *l'espace-temps est métrisable* selon une métrique de Riemann non univoquement déterminée.

Examinons maintenant le cas de deux observateurs Ob_A et Ob_B qui échangent des signaux codés et observent un système S réfléchissant les signaux [2]; Ob_A, dans son espace-temps $(R_{4,A})$, représente l'observateur Ob_B par le point B et le système par le point P; de même, Ob_B dans son espace-temps $(R_{4,B})$ représente Ob_A par le point A' et S par le point P'. Les rayons AB de $(R_{4,A})$ et A'B' de $(R_{4,B})$ jouent un rôle particulier pour Ob_A et Ob_B; par suite de l'échange de signaux codés, tout événement pour Ob_A en est un pour Ob_B et inversement. Il existe alors une transformation $\mathbf{T}_{AB}$ de la représentation spatio-temporelle de Ob_A en celle de Ob_B telle que $\mathbf{T}_{BA} = \mathbf{T}_{AB}^{-1}$ et tout point de AB se trouve transformé en un point de A'B'; c'est-à-dire que si S est aligné avec Ob_A et Ob_B, soit $P \in AB$, on a $P' = \mathbf{T}_{AB}P$ et $P' \in A'B'$. De plus, $\mathbf{T}_{AB}$ est une transformation de contact et l'on a sur AB/A'B' la relation

$$ds^2 = F_{AB}\,ds'^2 \qquad (\text{où } ds^2 = c^2 dT^2 - dR^2,\ ds'^2 = c^2 dT'^2 - dR'^2).$$

Si l'on considère les représentations spatio-temporelles de trois observateurs Ob_A, Ob_B, Ob_C échangeant des signaux codés, on a $\mathbf{T}_{AC} = \mathbf{T}_{BC}\mathbf{T}_{AB}$ et

(1) F. Aeschlimann, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 552; **230**, 1950, p. 519.

(2) *voir* J. L. Destouches, *Corpuscules et Systèmes de Corpuscules*, Paris 1941 et Causse, *Thèse*, Paris, 1949.

par suite *l'ensemble des transformations des représentations spatio-temporelles constitue un groupe*. Les conditions ainsi imposées à un espace tel que $(R_{4,A})$ sont insuffisantes pour le déterminer univoquement; sa métrique en particulier n'est pas complètement fixée car l'observateur n'a tenu compte que de conditions cinématiques liées aux échanges de signaux alors qu'une métrique est étroitement liée au principe de l'inertie, aux lois de la dynamique et aux lois des champs.

2. Dans $(R_{4,A})$, l'observateur Ob_A représente aussi bien les systèmes macroscopiques que les systèmes microscopiques; toute connaissance sur ceux-ci nécessite l'utilisation d'un appareil de mesure et implique donc un indéterminisme. Notons que, tant que l'observateur choisit de ne faire aucune mesure (abstention), l'évolution du système S est indépendante de lui et comme il a renoncé à l'arbitraire dont il disposait avant le choix, il peut construire un tableau du monde (Weltbild) dont la description est objectiviste. Cette description constitue une théorie de l'univers dans son ensemble puisque l'observateur ne sachant rien des corpuscules du fait de son abstention, est amené à les décrire dans l'univers. Or une théorie de l'univers dans son ensemble est objectiviste et déterministe.

La condition précédente ne suffit pas à fixer complètement ce « Weltbild » mais lui impose de fournir, à l'échelle macroscopique, les mêmes indications que la théorie prévisionnelle, c'est-à-dire que (R_4) *doit être une réalisation d'un* $(R_{4,A})$ *d'un observateur* Ob_A *quelconque de l'ensemble des observateurs considérés*. Aux conditions générales de la théorie prévisionnelle s'ajoutent, pour la description d'un système ou d'un corpuscule présent dans l'univers, des conditions de cohérence interne de ce « Weltbild » dérivant d'une théorie relativiste unitaire et permettant de déterminer en partie l'opérateur d'évolution $\mathcal{U}$ (non entièrement fixé par les conditions générales de prévisions et d'échanges de signaux). Il se peut que les exigences internes d'une telle théorie unitaire soient suffisamment fortes pour déterminer complètement l'opérateur $\mathcal{U}$ en fixant les lois d'interaction et les valeurs des grandeurs univalentes; mais ces conditions ne fournissent aucune indication sur les valeurs des grandeurs dont le spectre comprend plus d'un élément, ces valeurs ne pouvant être fixées que par des mesures. Dans toute description théorique, on est donc obligé de tenir compte des opérations de mesures auxquelles se livrent les observateurs ainsi que du calcul des prévisions pour des résultats de mesures ultérieures; comme les opérations de mesures sur un système S ne peuvent être décrites dans un tableau objectif de l'univers, le « Weltbild » d'une théorie unitaire ne peut suffire à lui seul. Ces considérations nous conduisent à l'idée d'une *complémentarité univers-système* permettant d'unifier les théories de la relativité générale et les théories quantiques. Il est important de remarquer qu'il s'agit d'une complémentarité d'un type différent de celle de M. Bohr; cette dernière concerne des types de mesures qui s'excluent

tandis que nous envisageons ici une complémentarité entre la description des actions des observateurs et la représentation de l'évolution de l'univers. Aucun de ces deux aspects ne peut suffire ni remplacer l'autre; les deux doivent être pris en considération et c'est sur ces bases qu'on peut construire une théorie unifiante non-contradictoire.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Aspect informationnel de certaines relations d'« incertitude »*. Note (*) de M. **Robert Vallée**, présentée par M. Louis de Broglie.

On présente sous forme informationnelle, une extension de la relation liant l'« incertitude » sur l'instant moyen d'un signal à l'« incertitude » sur sa fréquence moyenne. (Remarque sur les relations d'incertitude de la mécanique quantique).

D'après D. Gabor [1] il n'est pas possible de déterminer, par observation, à la fois l'« instant moyen » et la « pulsation moyenne » d'un signal $f(t)$ autrement qu'avec des « incertitudes » Δ_t et Δ_ω, liées par l'inégalité

$$\Delta_t \Delta_\omega \geqq \frac{1}{2\pi},$$

dont l'origine se trouve, d'ailleurs, dans les propriétés mathématiques de la transformation de Fourier.

Généralisant ce résultat, on peut dire qu'il est impossible de déterminer, par observation [2], à la fois la localisation moyenne en (x, y, z, t) et la localisation moyenne en $(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ d'un phénomène, décrit par une fonction $f(x, y, z, t)$ de transformée de Fourier à quatre variables $\varphi(\lambda, \mu, \nu, \omega)$. Si $\Delta_{x,y,z,t}$ est l'extension du domaine d'« incertitude » sur la localisation moyenne en (x, y, z, t) et $\Delta_{\lambda,\mu,\nu,\omega}$ celle relative à la localisation en $(\lambda, \mu, \nu, \omega)$, on a

$$\Delta_{x,y,z,t}\Delta_{\lambda,\mu,\nu,\omega} \geqq \left(\frac{1}{2\pi}\right)^n, \tag{1}$$

n étant le nombre des variables (x, y, z, t) intervenant effectivement

Supposons connu, *a priori*, des renseignements relatifs à la localisation moyenne en (x, y, z, t) et à celle en $(\lambda, \mu, \nu, \omega)$. Supposons, plus précisément, que les domaines d'« incertitude » ne puissent avoir des extensions supérieures à U en ce qui concerne $\Delta_{x,y,z,t}$ et à Y en ce qui concerne $\Delta_{\lambda,\mu,\nu,\omega}$. L'inégalité (1) peut alors prendre la forme

$$\frac{\Delta_{x,y,z,t}}{\mathrm{U}}\,\frac{\Delta_{\lambda,\mu,\nu,\omega}}{\mathrm{Y}} \geqq \frac{\left(\frac{1}{2\pi}\right)^n}{\mathrm{UY}}.$$

(*) Séance du 12 novembre 1951.

(1) *Journal of the Institution of electrical engineers*, 1946, p. 429.

(2) *Voir* nos deux Notes précédentes, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1350 et 1428.

Mais les logarithmes de base deux de $\Delta_{x,y,z,t}/U$ et de $\Delta_{\lambda,\mu,\nu,\omega}/Y$ sont les quantités d'information que nous possédons, après avoir effectué l'observation projetée, sur les deux localisations moyennes du phénomène. Soient $I_{x,y,z,t}$ et $I_{\lambda,\mu,\nu,\omega}$ ces quantités d'information, nous avons

$$I_{x,y,z,t} + I_{\lambda,\mu,\nu,\omega} \leqq \mathrm{Log}_2 \frac{UY}{\left(\frac{1}{2\pi}\right)^n}. \tag{2}$$

Remarquons que $(1/2\pi)^n/Y$ est l'extension c du domaine d'« incertitude » minimum relatif à la localisation en (x, y, z, t) et que $(1/2\pi)^n/U$ est l'extension minimum γ relative à l'« incertitude » sur l'autre localisation. On a donc aussi

$$I_{x,y,z,t} + I_{\lambda,\mu,\nu,\omega} \leqq \mathrm{Log}_2 \frac{\left(\frac{1}{2\pi}\right)^n}{c\gamma}. \tag{3}$$

(Notons que les relations d'incertitude de la mécanique quantique, de nature différente des relations rencontrées ici mais de même origine mathématique, sont susceptibles d'une présentation informationnelle analogue. Il peut être nécessaire, pour les établir, de faire intervenir des domaines d'incertitude maximums, liés à un aspect hypermacroscopique de l'Univers et des domaines d'incertitude minimums liés à un aspect hypomicroscopique de l'Univers, suivant en cela les suggestions de A. Eddington).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le calcul de la section efficace d'émission du bremsstrahlung électromagnétique.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Calcul de la section efficace différentielle de l'émission du bremsstrahlung électromagnétique en complétant les résultats établis précédemment ([1]), ([2]) par une sommation sur les états de polarisation du quantum émis.

Daus deux Notes précédentes ([1]), ([2]), nous avons développé le formalisme général de la théorie du bremsstrahlung et notamment donné dans le cas des interactions électromagnétiques une expression de la section efficace différentielle correspondant à l'émission d'un photon d'énergie, impulsion et polarisation données dans le choc de deux corpuscules de spin $\hbar/2$ représentés par les solutions de deux équations d'ondes de Dirac.

Nous nous proposons ici de compléter les résultats de la seconde de ces Notes en effectuant la sommation sur les états de polarisation (ondes transversales et onde longitudinale) du quantum émis en utilisant une méthode intro-

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1038.
([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 153.

duite par M. Feynman [3] que nous avons récemment discutée et généralisée [4].

Suivant le schéma général de la théorie du bremsstrahlung introduit dans les Notes citées, nous considérons deux corpuscules (1) et (2) représentés initialement et finalement par des ondes planes d'énergies et impulsions réduites, initiales et finales, K_1, $\mathbf{K}_1$, K_2, $\mathbf{K}_2$, $K_{1'}$, $\mathbf{K}_{1'}$, $K_{2'}$, $\mathbf{K}_{2'}$, de masses propres réduites μ_1, μ_2, de charges électriques e_1, e_2. Ces corpuscules entrent en interaction dans un processus de choc au cours duquel, d'une part ils sont liés par un couplage électromagnétique coulombien, et d'autre part, un photon K_0, $\mathbf{K}_0$, $\mu_0 \approx 0$ de polarisation $\mathbf{n}_0$ est émis.

Nous nous bornerons encore ici au cas où les corpuscules (1) et (2) sont distincts. Dans le cas où ces corpuscules seraient identiques, l'application du principe de Pauli conduirait à des expressions analytiques beaucoup plus complexes.

Nous utiliserons les notations

$$K_{mn} = -K_m K_n + (\mathbf{K}_m \mathbf{K}_n); \qquad q_{mn} = K_{mn} + \mu_m \mu_n; \qquad K_{mm} = -\mu_m^2; \qquad q_{mm} = 0;$$
$$\Lambda_m = K_m - (\mathbf{K}_m \sigma) - \mu_m \alpha_4; \qquad \Lambda_0 = K_0 - (\mathbf{K}_0 \sigma); \qquad K_{om} = q_{om}$$
$$(m, n = 1, 2, 1', 2', 0).$$

La conservation de l'énergie et de l'impulsion nous donne

$$K_1 + K_2 = K_{1'} + K_{2'} + K_0; \qquad \mathbf{K}_1 + \mathbf{K}_2 = \mathbf{K}_{1'} + \mathbf{K}_{2'} + \mathbf{K}_0.$$

Nous en déduisons les relations entre q_{mn} :

$$q_{11'} - q_{22'} = q_{01'} - q_{01} = q_{02} - q_{02'}; \qquad q_{11'} + q_{22'} = q_{12} + q_{1'2'} - q_{12'} - q_{21'};$$
$$q_{01} + q_{02} = q_{01'} + q_{02'}; \qquad q_{12} - q_{1'2'} = q_{01'} + q_{02'}; \qquad q_{12'} - q_{21'} = q_{02} - q_{01'}.$$

Écrivant les éléments de matrices d'émission du photon et de l'interaction coulombienne sous la forme

$$e_i \left(\frac{\hbar c}{2 K_0} \right)^{\frac{1}{2}} (\Omega_0)_{ij} \qquad \frac{e_1 e_2 (\alpha^\lambda)_{ij} (\alpha_\lambda)_{kl}}{2 q_{kl}} = \frac{e_1 e_2 [(\boldsymbol{\alpha})_{ij} (\boldsymbol{\alpha})_{kl} - (1)_{ij} (1)_{kl}]}{2 q_{kl}},$$

l'élément de matrice général s'écrit

$$H'^{(1)} = \frac{e_1 e_2}{4 \sqrt{2 \hbar c K_0}} \left\{ \frac{e_1}{q_{22'}} \left[\frac{\Omega_0 (\Lambda_1 - \Lambda_0) \alpha^\lambda}{q_{01}} - \frac{\alpha^\lambda (\Lambda_{1'} + \Lambda_0) \Omega_0}{q_{01'}} \right]_{11'} (\alpha_\lambda)_{22'} \right.$$
$$\left. + \frac{e_2}{q_{11'}} \left[\frac{\Omega_0 (\Lambda_2 - \Lambda_0) \alpha^\lambda}{q_{02}} - \frac{\alpha^\lambda (\Lambda_{2'} + \Lambda_0) \Omega_0}{q_{02'}} \right]_{22'} (\alpha_\lambda)_{11'} \right\}.$$

Le calcul de la section efficace de diffusion nous conduit à évaluer $\overline{|H'^{(1)}|^2}$. Dans le calcul que nous avons effectué précédemment [2], $\Omega_0 = (\mathbf{n}_0 \boldsymbol{\alpha})$. Dans le cas où l'on considère avec des probabilités égales l'émission du quantum $\mathbf{K}_0$

---

(3) R. P. FEYNMAN, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 780.
(4) *J. Phys.* (à paraître).

dans les deux états d'ondes transversales et dans l'état d'onde longitudinale, on montre ([3]), ([4]) que l'on obtient la section efficace totale pour ces trois états en remplaçant Ω_0 par l'une des quatre matrices α, 1, soit α^μ, d'où un hamiltonien vectoriel $H'^{(1)\mu}$ et en calculant, au lieu de $\overline{|H'^{(1)}|^2}$ la somme sur l'indice μ, $\overline{H'^{(1)\mu}\tilde{H}'^{(1)}_\mu}$.

Écrivant

$$\overline{H'^{(1)\mu}\tilde{H}'^{(1)}_\mu} = e_1^2 e_2^2 [32\,\hbar c\, K_0 K_1 K_2 K_{1'} K_{2'}]^{-1} |S|^2,$$

on obtient après un calcul de traces ([5]) sans difficultés

$$\begin{aligned}
|S|^2 = {} & \frac{8e_1^2}{(q_{22'})^2}\left[\frac{A(11';22')}{(q_{01})^2} + \frac{A(1'1;22')}{(q_{01'})^2} - \frac{B(11';22')}{q_{01}q_{01'}}\right] \\
& + \frac{8e_2^2}{(q_{11'})^2}\left[\frac{A(22';11')}{(q_{02})^2} + \frac{A(2'2;11')}{(q_{02'})^2} - \frac{B(22';11')}{q_{02}q_{02'}}\right] \\
& + \frac{8e_1e_2}{q_{11'}q_{22'}}\left\{\frac{1}{q_{01}q_{02}}[C(11';22') + D(11';22') - E(11';22') - E(22';11')]\right. \\
& \qquad + \frac{1}{q_{01'}q_{02'}}[C(1'1;2'2) + D(1'1;2'2) + E(1'1;2'2) + E(2'2;1'1)] \\
& \qquad - \frac{1}{q_{01}q_{02'}}[C(11';2'2) - D(11';2'2) + E(11';2'2) - E(2'2;11')] \\
& \qquad \left. - \frac{1}{q_{02}q_{01'}}[C(1'1;22') - D(1'1;22') - E(1'1;22') + E(22';1'1)]\right\},
\end{aligned}$$

avec si $i, k, j, l = 1, 1'; 2, 2'$,

$$\begin{aligned}
A(ik;jl) &= -[2\mu_i^2 K_{jk}K_{lk} + q_{0i}(q_{0l}K_{jk} + q_{0j}K_{lk}) \\
&\qquad + \mu_j^2 q_{0i}q_{0k} + \mu_i^2 q_{jl}(\mu_i^2 + \mu_j^2 + q_{jl})], \\
B(ik;jl) &= (q_{ik} + q_{jl} - 2\mu_i^2)(K_{ij}K_{kl} + K_{il}K_{jk}) + 2q_{0i}K_{jk}K_{lk} - 2q_{0k}K_{ij}K_{il} \\
&\qquad + 2q_{ik}q_{0j}q_{0l} + q_{ik}q_{jl}(q_{jl} - q_{ik}) + 2q_{jl}(\mu_i^2 + \mu_j^2)(q_{ik} - \mu_i^2), \\
C(ik;jl) &= (K_{12}K_{1'2'} + K_{12'}K_{21'} + \mu_1^2 q_{22'} + \mu_2^2 q_{11'})(K_{ij} + K_{kl}), \\
D(ik;jl) &= q_{0i}q_{0j}K_{kl} + \mu_i^2 q_{0j}q_{0l} + \mu_j^2 q_{0i}q_{0k}, \\
E(ik;jl) &= K_{ij}(q_{0k}K_{il} + q_{0i}K_{kl}) - q_{0j}q_{ik}K_{il} + \mu_i^2(q_{0j}K_{kl} + q_{0l}K_{ij}).
\end{aligned}$$

ACOUSTIQUE. — *Théorie de l'information. Sur les éléments d'information spatiale dans l'audition microphonique.* Note (*) de M. **André Moles**, transmise par M. René Barthélemy.

Dans la transmission des sons par les canaux microphoniques l'élément d'information spatiale est la distance minima perceptible par l'auditeur entre deux positions distinctes de la source du son. Les expériences effectuées montrent que celle-ci est de l'ordre de 1 à 2 m dans une salle normale. L'information spatiale est donc faible et il est plus économique de la transmettre dans le même canal que le signal acoustique.

On admet généralement que l'un des principaux facteurs contribuant à

([5]) G. Petiau, *J. Phys.*, 12, 1951, p. 565.

(*) Séance du 3 décembre 1951.

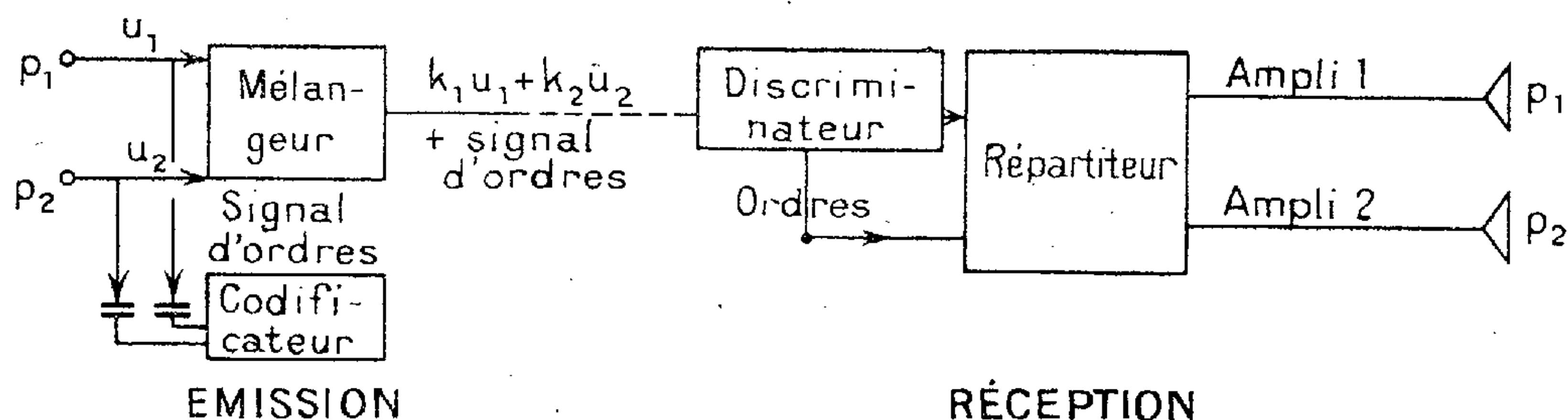
recréer l'illusion de « présence » dans les transmissions des sons est la perception stéréophonique, c'est-à-dire la localisation par l'auditeur de la source sonore dans un espace fictif en correspondance affine avec l'espace dans lequel se meut réellement celle-ci.

De nombreuses expériences effectuées ces dernières années, il résulte que cette illusion de localisation spatiale doit être attribuée à deux causes principales : 1° la localisation angulaire due à l'écoute binauriculaire, les deux oreilles de l'auditeur recevant des signaux sonores de phases distinctes, facteur surtout sensible au-dessous de 800 Hz; 2° le facteur d'intensités relatives qui conduit l'auditeur à placer la source dans une direction où le son lui parvient plus intense. Il paraît établi que le second facteur est prépondérant et qu'il suffit, dans la plupart des cas, à fournir, pour une source unique, une localisation spatiale satisfaisante. C'est donc à la transmission des relations d'intensité entre les divers points de l'espace où est émis le son que devra s'attacher un système de transmission stéréophonique.

Le schéma général d'une telle transmission, quand on cherche à recréer une seule dimension de l'espace sonore, comporte 2 canaux de transmission différents complets : microphone, amplificateur, émetteur, récepteur, haut-parleur. L'illusion des 3 dimensions ne pourrait être fournie qu'en utilisant 4 canaux distincts transmettant les sons recueillis par 4 microphones placés, par exemple, aux 4 sommets d'un tétraèdre régulier et les distribuant à 4 haut-parleurs placés de façon correspondante à l'endroit où se trouve l'auditeur. De tels dispositifs requièrent un matériel considérable, surtout si l'on prend en considération les dépenses qu'occasionneraient, par exemple en radiodiffusion, l'immobilisation de 2 ou 3 canaux (réseaux d'émetteurs) et l'encombrement des fréquences correspondantes. Il sera donc utile de chercher quelle est la précision de l'information spatiale relative à la position de la source sonore dans l'espace émetteur pour apprécier si cet encombrement est justifié.

Nous avons effectué une série d'expériences dans un système à 3 canaux reliant une salle émettrice de 250 m^3 environ dont la réverbération est de l'ordre de 1,5 s correspondant à un studio type de radiodiffusion et une salle réceptrice sourde où étaient placés les sujets groupés par 4 au centre des 3 radiateurs sonores. 60 sujets au total ont cherché à placer, en des points repérés à l'avance de l'espace acoustique de représentation, les déplacements inconnus d'un speaker ou d'un violoniste aux points correspondants de l'espace émetteur. En réduisant la distance entre les points où ils se plaçaient, arrivait une limite au-dessous de laquelle les sujets n'étaient plus capables de discerner de différence : c'était l'élément minimum d'information spatiale. Ces essais ont été repris plusieurs fois pour tenir compte de l'accoutumance et de l'apprentissage de la perception spatiale qui se produit au cours des premières expériences.

On a trouvé que dans la salle précédente cette précision ne descend guère au-dessous de 1 à 1,5 m dans le triangle formé par les 3 microphones, 2 à 5 m en dehors de celui-ci. Il en résulte que, dans la salle précédente, il n'y a pas plus d'environ 200 à 300 positions différentes acoustiquement reconnaissables, ceci étant dû aux phénomènes de sources images acoustiques qui se forment sur les murs de la salle. La sensibilité spatiale est un peu accrue (1 m) dans une salle dont la réverbération est abaissée à 0,4 s. Si l'on suppose que la source sonore se déplace à une vitesse de 5 m : s, il en résulte qu'il ne peut y avoir, dans une transmission stéréophonique effectuée dans une telle salle, plus de $200 \times 5 = 1000$ éléments d'information spatiale. C'est là un nombre très faible vis-à-vis des éléments d'information acoustique proprement dits, qui est de l'ordre de 240 000 sons distincts par 1/10° de seconde (Stevens). Il apparaît que l'information spatiale est très pauvre devant le reste de l'information acoustique : l'immobilisation de 2 ou 3 canaux normaux correspond alors à un très mauvais rendement de ceux-ci. En d'autres termes, il serait plus intéressant d'incorporer l'information spatiale dans une région inutilisée (infrasons par exemple) d'un canal unique et un dispositif répondant à ces conditions a été breveté.



Un tel système (*fig.* 1) utilise les tensions produites par 2 microphones collecteurs pour actionner, après redressement, un appareil de codification qui peut être un simple quotientmètre, mesurant le rapport des pressions incidentes sur les deux microphones et actionnant un générateur de signaux d'ordres choisis tels qu'on puisse les superposer sans inconvénient au signal principal dans un canal unique. A la réception, on sépare signal d'ordres et signal principal, le premier commandant un répartiteur qui règle le rapport des niveaux sonores produits par deux haut-parleurs : ceux-ci reproduisent, dans l'espace récepteur, les rapports de niveaux instantanés régnant dans l'espace émetteur. Ce système n'est évidemment valable que quand la source est concentrée en un point, ce qui est le cas général des transmissions parlées.

OPTIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur la microscopie ionique par transmission.* Note de M. **Maurice Gauzit**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Description d'un canon très simple formant un faisceau d'ions Li^+ très intense. Les premiers résultats obtenus donnent un pouvoir séparateur de 200 Å environ dans l'image ionique de cristaux de ZnO au grossissement direct de 12 500.

Nous avons adapté à la microscopie par transmission l'usage des substances synthétiques émettant des ions sous très forte intensité spécifique dont la synthèse et l'étude ont été faites récemment par G. Couchet ([1]), ([2]).

Ce spodumène synthétique émettant des ions Li^+, permet de construire une source d'ions très simple : à l'extrémité d'un filament de tungstène en épingle à cheveux très effilée, on met une petite boule de produit préalablement réduit en poudre et légèrement humidifié. Un simple chauffage sous vide par passage de courant dans le fil permet au spodumène de se vitrifier. L'usage de cette source en microscopie ionique par transmission, n'entraîne aucun changement dans la structure du microscope utilisé ni de son canon; elle donne un faisceau assez intense pour que les images soient observables utilement au grossissement 12 000. Elle est aussi ponctuelle que la source d'électrons habituellement utilisée, insensible aux contaminations par un mauvais vide, elle ne dégage pratiquement aucun gaz et a une durée de vie d'environ 1 h.

Nous avons utilisé un des microscopes électrostatiques du Laboratoire de Radioélectricité de l'E. N. S, donnant des grossissements directs variant de 3 000 à 12 500. Nous avons changé le signe de la haute tension, réduit le diamètre du diaphragme du wehnelt (*fig.* 1), et remplacé la polarisation automatique du wehnelt par résistance par des piles (0 et 1200 V).

Pour l'observation visuelle, nous avons conservé l'écran au sulfure de zinc avec un liant d'acétate de cellulose. Sa fluorescence est suffisamment intense pour qu'il soit possible d'effectuer aux grossissements maxima une mise au point précise. Cet écran n'a pas montré de fatigue visible après plusieurs heures de fonctionnement. Nous avons utilisé des plaques Ilford type Q. Les plaques Q_3 les plus rapides, permettent de prendre des photographies aux grossissements d'environ 5 000 avec des temps de pose de l'ordre de 5 s. Mais leur granulation est gênante. Les plaques Q_1 nécessitent des poses plus longues, mais ont une finesse de grain bien supérieure. Avec un grossissement direct de 12 500, le temps de pose minimum est alors voisin de 30 s.

([1]) G. Couchet, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1013.

([2]) G. Couchet, M. Gauzit et A. Septier, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1087.

Signalons ici le curieux comportement de ce nouveau canon à ions : le diamètre du trou du wehnelt conseillé pour les électrons ne convient pas pour cette source d'ions. Sans polarisation il donne un large faisceau ionique. Si l'on polarise le wehnelt de quelques dizaines de volts, le faisceau est brusquement coupé et ne réapparaît pas pour des polarisations supérieures.

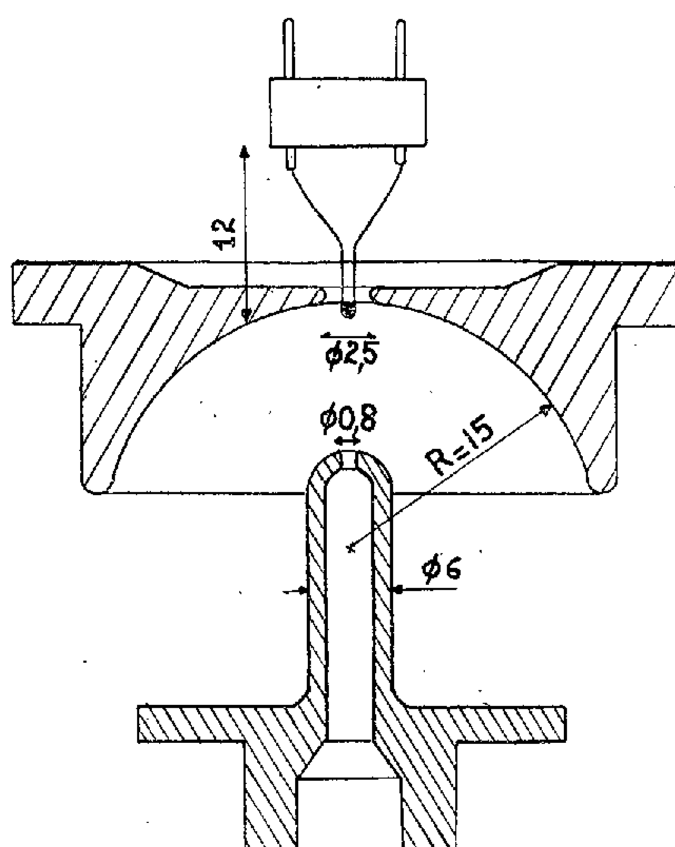


Fig. 1.

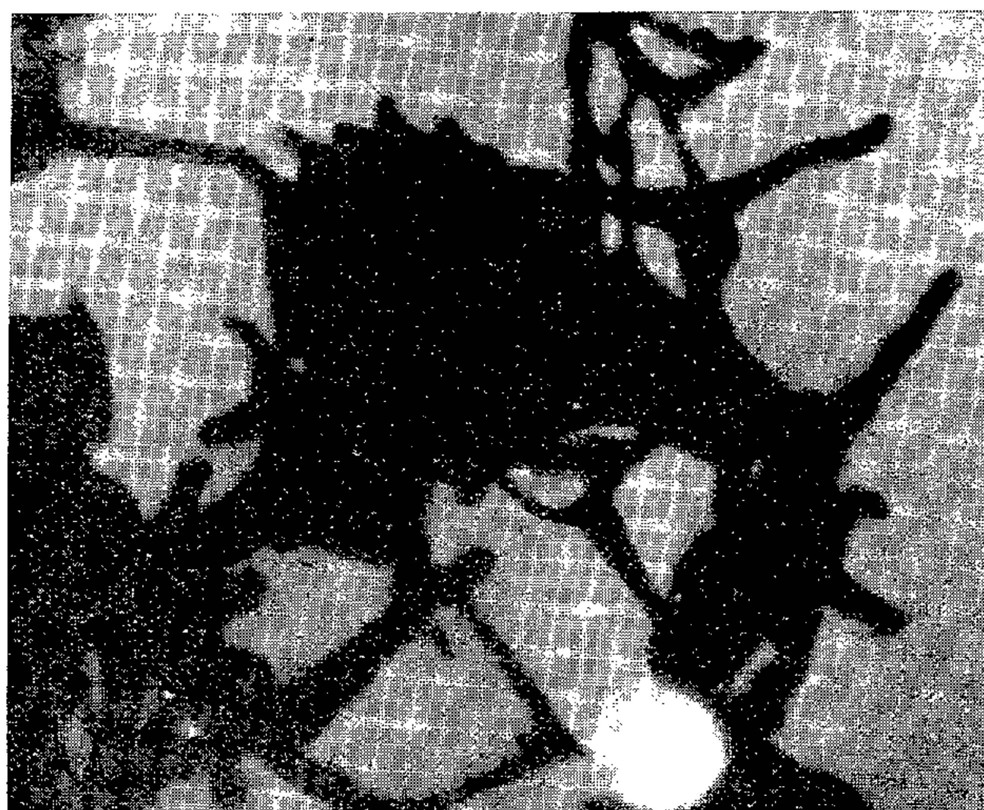


Fig. 2. — Oxyde de zinc.
Grossissement direct 12500. Grossisement total 25000.

Pour obtenir un pinceau fin, nous avons adopté un nouveau diamètre (2,5 mm) et une polarisation de l'ordre de 1000 V. Mais pour une position déterminée de la boule de spodumène dans le wehnelt le réglage optimum de la polarisation est très aigu et doit être fait à moins de 20 V près. De plus il est impossible d'obtenir le pinceau d'ions si l'on fait varier la polarisation en augmentant la valeur de la tension à partir de 0 V. On ne l'obtient qu'en faisant décroître très lentement la polarisation du wehnelt à partir de sa valeur maximum. En badigeonnant le wehnelt à l'aquadag on a atténué légèrement ces phénomènes parasites ce qui permet d'obtenir un faisceau en polarisation croissante.

Il n'est possible d'obtenir le pinceau très fin que pour des intensités de chauffage inférieures à une certaine valeur qui correspond peut-être à la fusion du spodumène. Ces phénomènes parasites sont peut-être dus aux électrons que le filament chauffant émet en abondance en même temps que les ions et aux électrons secondaires qu'ils donnent en frappant le wehnelt; nous espérons apporter des explications plus précises sur ce point ultérieurement.

La photographie des cristaux d'oxyde de zinc a été obtenue au grossisse-

ment direct de 12 500 sur des plaques Q_1 exposées pendant 30 s avec 23 500 V de haute tension. Le pouvoir séparateur est estimé à environ 200 Å. On reconnaît la « tache centrale » déjà observée par Boersch [3]. Nous n'avons pas pu jusqu'ici y observer les structures que cet auteur avait indiquées.

Ces essais préliminaires laissent espérer qu'il sera possible d'obtenir d'un même instrument la même finesse d'image, qu'on éclaire les objets avec des électrons ou avec des ions Li.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur la théorie des rayons du troisième ordre dans la lentille électrostatique indépendante.* Note de M. **Édouard Regenstreif**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans un travail antérieur [1] nous avons établi, moyennant certaines hypothèses de base, les expressions générales des trajectoires gaussiennes et trans-gaussiennes dans la lentille électrostatique indépendante.

Nous allons calculer ici d'une manière explicite, la marche des rayons du troisième ordre qui constituent la première approximation au-delà de l'optique gaussienne.

Dans les formules données en [1] nous supposerons négligeables les puissances de r_0/z_0 égales ou supérieures à quatre. Nous noterons par r_g le rayon de Gauss et par r_z le rayon du troisième ordre correspondant à l'incidence r_0. En conservant les notations antérieures, on trouve alors, par un développement en série de r_0 :

région d'incidence :

$$(1)\quad r_z = r_g - r_0^3 \frac{\beta^3(z+z_0)}{4\sqrt{2}\sqrt{1-\beta^2(z+z_0)^2}} \operatorname{sh}\left[\frac{1}{\sqrt{2}} \arcsin \beta(z+z_0)\right];$$

région centrale :

$$(2)\quad r_z = r_g - r_0^3 \left[P(x) \cos\left(\frac{1}{\sqrt{2}} \operatorname{arc\,sh} \alpha z - \varphi\right) + Q(z, x) \sin\left(\frac{1}{\sqrt{2}} \operatorname{arc\,sh} \alpha z - \varphi\right)\right];$$

région d'émergence :

$$(3)\quad r_z = r_g - r_0^3 \left\{ R(x) \begin{matrix}\operatorname{ch}\\ \operatorname{sh}\end{matrix} \left[\frac{1}{\sqrt{2}} \arcsin \beta(z-z_0) - \psi\right]; \right.$$
$$\left. + S(x, z) \begin{matrix}\operatorname{sh}\\ \operatorname{ch}\end{matrix} \left[\frac{1}{\sqrt{2}} \arcsin \beta(z-z_0) - \psi\right]\right\};$$

---

(3) Boersch, *Experientia*, 4, n° 1, 1948, p. 1-5.

(1) E. Regenstreif, *Ann. Radioélectr.*, 6, 1951, p. 51-83 et 114-155.

avec

$$(4)\qquad P(x)=\left[\frac{(1-k)(1+\lambda)^2\beta^2 z_0\,\mathrm{sh}\,\beta_0}{4\sqrt{2}\sqrt{1-(1-k)^2\beta^2 z_0^2}}+\frac{\frac{1-x}{z_0^2}\,\mathrm{sh}^2 2\beta_0}{16\,\mathrm{sh}\,\beta_0(1-k)^2(x+k-kx)}\right]\cos\gamma_0,$$

$$(5)\qquad Q(x)=\frac{\alpha^3\,\mathrm{ch}^3\beta_0}{4\sqrt{2}\cos^3\gamma_0}\left(\frac{z}{\sqrt{1+\alpha^2+z^2}}+\frac{kz_0}{\sqrt{1+k^2\alpha^2 z_0^2}}\right)$$
$$+\frac{\cos\gamma_0}{\mathrm{ch}\,\beta_0}\left[\frac{(1-k)\lambda\beta^2 z_0}{4\sqrt{2}\sqrt{1-(1-k)^2\beta^2 z_0^2}}+\frac{(1-x)\frac{1}{z_0^2}\,\mathrm{sh}\,\beta_0\,\mathrm{ch}^3\beta_0}{4\lambda(1-k)^2(x+k-kx)}\right],$$

$$(6)\qquad R(x)=(1+\lambda^2)\,\mathrm{sh}\,\beta_0\,\frac{B\beta^3(1-k)z_0}{4A\sqrt{2}\sqrt{1-(1-k)^2\beta^2 z_0^2}}\pm\frac{A}{2B}\,\frac{\mathrm{ch}\,\beta_0}{\cos\gamma_0}\left(1+\frac{1}{\lambda^2}\right)\sin^2(\alpha_0-\varphi)$$
$$\times\left\{\frac{\alpha z_0}{2\sqrt{2}\sqrt{1+k^2\alpha^2 z_0^2}}\left[\frac{k\alpha^2\mathrm{ch}^2\beta_0}{\cos^2\gamma_0}+\frac{\lambda^2\beta^2(1-k)\cos^2\gamma_0^2}{2\,\mathrm{ch}^2\beta_0}\right]\right.$$
$$\left.+\frac{\mathrm{sh}\,2\beta_0\cos^2\gamma_0(1-x)\frac{1}{z_0^2}}{8\lambda(1-k)^2(x+k-kx)}\right\},$$

$$(7)\qquad S(x,z)=\frac{\mathrm{ch}\,\beta_0}{\cos\gamma_0}\,\frac{B}{A}\left[\frac{\beta^3(z-z_0)}{4\sqrt{2}\sqrt{1-\beta^2(z-z_0)^2}}\,\frac{\mathrm{ch}^2\beta_0}{\cos^2\gamma_0}\,\frac{B^2}{A^2}+T(x)\right],$$

$$(8)\qquad T(x)=\pm\frac{A^2(1-x)\frac{1}{z_0^2}}{8\lambda^2B^2(1-k)^2(x+k-kx)}$$
$$\times\left\{\sin 2(\alpha_0-\varphi)\,\mathrm{ch}^2\beta_0\,\frac{(1-k)[1\pm\sin^2(\alpha_0-\varphi)]\pm k\cos^2(\alpha_0-\varphi)}{\lambda\cos^2\gamma_0}\right.$$
$$\left.+\mathrm{sh}\,2\beta_0\cos^2\gamma_0\right\}$$
$$+\frac{\alpha z_0}{2\sqrt{2}\sqrt{1+k^2\alpha^2 z_0^2}}\left\{\pm\frac{A^2}{\lambda B^2}\left[\frac{k\alpha^2\,\mathrm{ch}^2\beta_0}{\cos^2\gamma_0}+\frac{\lambda^2\beta^2(1-k)\cos^2\gamma_0}{2\,\mathrm{ch}^2\beta_0}\right]\right.$$
$$\left.+\frac{\lambda B^2\,\mathrm{ch}^2\beta_0(1-k)\beta^2}{2A^2\cos^2\gamma_0}\right\}.$$

Les formules précédentes permettent de déterminer d'une manière explicite l'écart $\Delta r=r_z-r_g$ du rayon du troisième ordre par rapport au rayon gaussien : Δr est calculable numériquement et d'un seul coup pour toutes les lentilles électrostatiques indépendantes.

Le foyer optique du système lorsqu'il est extérieur à la lentille est donné par la racine de l'équation $r_g(z)=0$. On obtient alors dans le plan focal :

$$(9)\qquad \Delta r_0=-r_0^3\left[\frac{\mathrm{ch}\,\beta_0}{\cos\gamma_0}\,\frac{B}{A}\,\frac{1}{\substack{\mathrm{sh}\\ \mathrm{ch}}\,\psi}\,T(x)\pm\beta^2\,\frac{\substack{\mathrm{ch}\\ \mathrm{sh}}\,\psi}{4}\,\frac{\mathrm{ch}^2\beta_0}{\cos^2\gamma_0}\,\frac{B^2}{A^2}\right].$$

L'expression (9) constitue l'aberration géométrique de la lentille pour le couple conjugué foyer-infini.

Dans ce cas le coefficient d'aberration sphérique ramène au plan objet :

$$C = Kf = \Delta r_0 \left(\frac{f}{r_0}\right)^3 \qquad (10)$$

peut être calculé ainsi numériquement à partir de la structure électrique et géométrique de la lentille et à l'aide de formules ne comportant aucune intégration. Ces formules d'apparence compliquées mènent cependant à des calculs plus simples que les expressions classiques de Scherzer et Sturrock, car aucune intégration n'est plus à faire. Le calcul numérique qui sera développé dans une publication détaillée montrera que C (ou K) est minimum en même temps que f, en bon accord avec l'expérience.

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'emploi des caoutchoucs chlorés comme films-supports d'objets en microscopie électronique.* Note de MM. **François Davoine** et **Émile Pernoux**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une communication antérieure (1), l'un de nous a déjà signalé la possibilité d'employer une membrane de caoutchouc chloré comme support de préparation en microscopie électronique. Désirant examiner une dispersion de particules dans l'alcool absolu, nous étions gênés par le fait que les supports usuels (collodion, formwar, etc.) sont détruits par ce liquide. Le caoutchouc chloré nous a donné des résultats satisfaisants. L'alkathène aurait convenu également (2) mais, d'une part, sa préparation est plus délicate et, d'autre part, il présente une structure parfois gênante.

Nous avons utilisé un caoutchouc chloré de masse moléculaire élevée, préparé par précipitation fractionnée selon la méthode décrite par R. Allirot (3).

Il est possible d'obtenir des membranes utilisables en microscopie électronique par deux procédés :

1° Dépôt sur une surface d'eau bi-distillée, à température ordinaire, d'une solution de caoutchouc chloré à 3 % dans le toluène pur. Une mince pellicule se forme, utilisable comme un film de collodion.

2° Étalement sur lame de verre d'une solution de caoutchouc chloré à 2 % dans de l'acétate d'amyle. La pellicule se détache ensuite comme un film de formwar lorsqu'on plonge la lame dans de l'eau à température ambiante.

Nous avons ainsi obtenu des pellicules tout à fait semblables à celles qu'on prépare avec le collodion.

---

(1) S. Teichner et E. Pernoux, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1063.

(2) S. G. Ellis, *J. Appl. Phys.*, **18**, 1947, p. 846.

(3) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1065.

En outre, nous avons vérifié que de tels films résistent parfaitement aux acides sulfurique et chlorhydrique concentrés, ainsi qu'aux bases. Il y a là une possibilité de faire subir divers traitements chimiques à une préparation, sur le support lui-même.

Au cours de leur manipulation dans un liquide, les films-supports, de quelque matière qu'ils soient, se détachent souvent du disque porte-objet. Pour remédier à cette difficulté, nous collons la membrane au disque en déposant préalablement sur celui-ci une goutte de solution plus concentrée qu'on laisse sécher. On perce la pellicule qui s'est formée et l'on dépose par dessus le film-support (caoutchouc chloré, collodion, formwar, etc.) rendu ainsi parfaitement adhérent au métal.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'emploi d'une ligne coaxiale terminée par des impédances de divers types pour des mesures de permittivité en ondes métriques et décimétriques.* Note (*) de MM. **André Lebrun** et **Roger Arnoult**, présentée par M. Camille Gutton.

La méthode décrite permet de mesurer, avec une précision de l'ordre de 1 %, les parties réelle et imaginaire de la permittivité de substances solides et liquides, à des fréquences comprises entre 60 et 3 000 MHz. Elle se prête bien à des mesures effectuées à température variable. L'appareil peut être utilisé comme ondemètre, dans le même domaine de fréquences.

Dans cette méthode, la substance est introduite dans une « cellule » placée à l'extrémité B d'une ligne coaxiale de longueur variable l, d'impédance caractéristique Z_c. L'extrémité opposée A est constituée par un piston portant une petite boucle excitatrice. On mesure, à l'aide d'une sonde suivie d'un cristal détecteur, une grandeur proportionnelle au carré du module de l'amplitude de la tension V à la distance d (constante) de la « cellule ».

Plusieurs méthodes utilisant des tronçons de lignes coaxiales résonnants ont déjà été décrites ([1]); l'originalité de celle-ci tient à la façon dont l'excitation et la détection sont réalisées, ainsi qu'aux différents types de « cellules » utilisées.

Soit E l'amplitude de l'excitation en A, Z_1 l'impédance du piston (différente de zéro par suite de la présence de la boucle d'excitation) et Z_3 l'impédance de la « cellule » placée en B. Posons : $(Z_1/Z_c) = \text{th}\,(u_1 + jv_1)$ et $(Z_3/Z_c) = \text{th}\,(u_3 + jv_3)$.

La théorie classique des lignes donne, avec les notations usuelles :

$$(1) \qquad |V|^2 = \frac{|E|^2\,|\text{ch}(u_1 + jv_1)|^2\,[\text{sh}^2(\alpha d + u_3) + \sin^2(\beta d + v_3)]}{\text{sh}^2(\alpha l + u_1 + u_3) + \sin^2(\beta l + v_1 + v_3)}.$$

(*) Séance du 3 décembre 1951.

([1]) P. Abadie, *Comptes rendus*, **225**, 1948, p, 1590; J. Benoit, *J. Phys. Rad.*, 3e série, 5, 1944, p. 173; R. King, *Proc. Inst. Rad. Engrs.*, 35, 1947, p. 509.

On obtient u_3 et v_3 en déterminant la position d'un maximum $(AB)_M = l_M$ et la largeur à mi-hauteur (2δ) d'une courbe de résonance. On obtient, à partir de (1) :

(2) $$v_3 = m\pi - \beta l_M - v_1 \qquad (m, \text{ entier}).$$

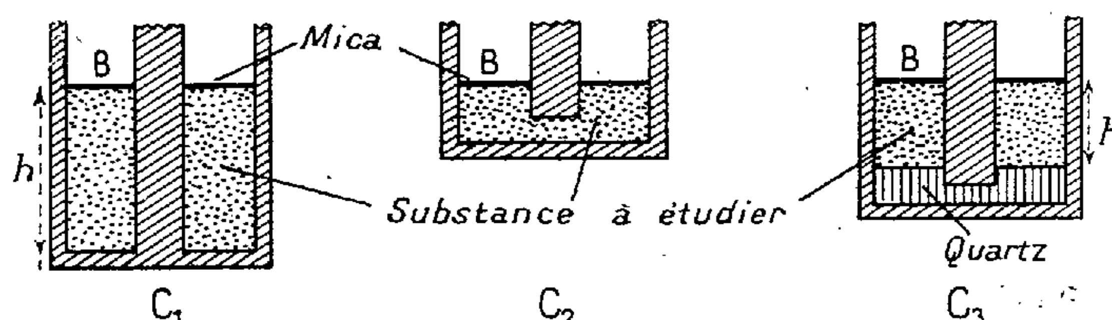
et

(3) $$\text{sh}(\alpha l_M + u_1 + u_3) \# \sin\beta\delta$$

Cellules du type C_1 (*fig.* 1). — Soit l_{1M}, l_{2M}, $2\delta_1$, $2\delta_2$, les longueurs de résonance et les largeurs des courbes pour des mesures effectuées avec la cellule vide, puis après remplissage. On obtient, en posant $l_{1M} - l_{2M} = \Delta$

$$v_3 = \beta(\Delta + h) \qquad \text{et} \qquad \text{sh}[u_3 + \beta\delta_1 - \alpha(\Delta + h)] \# \sin\beta\delta_2.$$

On voit que seule la différence Δ doit être connue et que l'erreur absolue sur v_3 dépend de celle commise sur $(\Delta + h)$. A l'aide d'abaques ou par calculs, on passe aux indices de réfraction et d'absorption n et χ du diélectrique. On peut, par exemple, poser : $(u_3 + jv_3) = g_3 - jb_3$ et de g_3 et b_3 (affectés, s'il y a lieu, d'une correction permettant de tenir compte de la présence du mica) tirer n et χ à l'aide d'abaques. Celui de la fonction : $-jz\coth z = g - jb$ (où $z = \beta hn\chi + j\beta hn$) est commode. Nous avons tracé, point par point, quelques courbes $b = $ const. et $g = $ const. de cet abaque, valable quelles que soient la fréquence et la longueur h de la cellule. *Les valeurs expérimentales trouvées se placent dans une région où ces courbes sont sensiblement équidistantes, ce qui simplifie le tracé et l'interpolation.*



Cellules du type C_2 (*fig.* 2). — Remplies d'un diélectrique de permittivité $\varepsilon = \varepsilon' - \varepsilon''$ elles sont, en radiofréquences, équivalentes à une capacité $\gamma + \gamma_0$ (γ et γ_0 : parties « active » et « résiduelle » de la capacité) shuntée par une résistance $R = 1/\gamma\omega\varepsilon''$. L'étude expérimentale de C_2 aux très hautes fréquences, à l'aide de liquides polaires et non polaires connus, montre que cette équivalence reste exacte en première approximation (généralement mieux que 1 % pour $\lambda \geqq 1$ m).

De (2) et (3) on tire $v_3 = \pi - \beta l_{2M} - v_1$ et $\text{sh}(u_3 + \alpha l_{2M} + u_1) \# \sin\beta\delta_2$, v_1 est déterminé (pour une fréquence donnée) en effectuant une mesure avec la ligne court-circuitée ou en utilisant une impédance connue; u_1 est déterminé par une mesure faite avec une cellule vide ($u_3 = 0$) et l'on calcule l'ordre de

grandeur de αl_{2M}. On peut passer de u_3 et v_3 à ε' et ε'' par les relations :

$$\coth(u_3+jv_3)=g_3-jb_3, \qquad \varepsilon'=\frac{b_3}{\gamma\omega Z_c}-\frac{\gamma_0}{\gamma}; \qquad \varepsilon''=\frac{g_3}{Z_c\gamma\omega}.$$

On détermine γ et γ_0 à l'aide de liquides connus; l'impédance caractéristique Z_c est calculée après mesure du diamètre des conducteurs.

Cellules du type C_3 (*fig.* 3). — Elles sont constituées d'un tronçon de ligne coaxiale de longueur h, terminé par une cellule du type C_2 au quartz ou au polythène; elles permettent d'obtenir, en ondes métriques, avec h de l'ordre du centimètre, des déplacements Δ et des largeurs de courbes mesurables avec précision. Dans ce cas, le passage des grandeurs mesurées aux valeurs de n et χ est difficile, mais se simplifie si le module de l'impédance normalisée équivalente à C_2 est grand. On passe alors à n et χ par un abaque du type $-jz\,\text{th}\,z=g-jb$.

Un simple examen des relations (2) et (3) ne permet pas de prévoir le domaine d'utilisation des types de cellules C_1, C_2, C_3, ni de comparer les avantages et les inconvénients de ces cellule quant à la puissance HF nécessaire, au volume de diélectrique utilisé et aux valeurs obtenues pour Δ et δ. Pour un diélectrique et une fréquence donnés, seuls des exemples bien choisis permettraient de montrer l'intérêt d'un type de cellule et l'importance du choix de h (pour C_1) et de γ (pour C_2). Cette étude générale, dépassant le cadre de cette Note, sera publiée ailleurs.

Pratiquement, un impédancemètre coaxial, de longueur 75 cm, de réalisation mécanique très simple (la sonde est placée à une distance constante de la charge et l'on mesure les déplacements d'un seul piston) permet, avec cinq ou six cellules C_1 et C_2, d'effectuer, pour toutes les substances, avec une précision de l'ordre de 1 %, la détermination de ε' et ε'' à des longueurs d'onde comprises entre 10 et 500 cm. En outre, l'appareil (dont l'extrémité B portant la « cellule » peut très facilement être introduite dans un thermostat) se prête bien à des mesures à *température variable*. Il peut être également utilisé comme *ondemètre*, pour les mêmes fréquences, à l'aide de quelques cellules du type C_2.

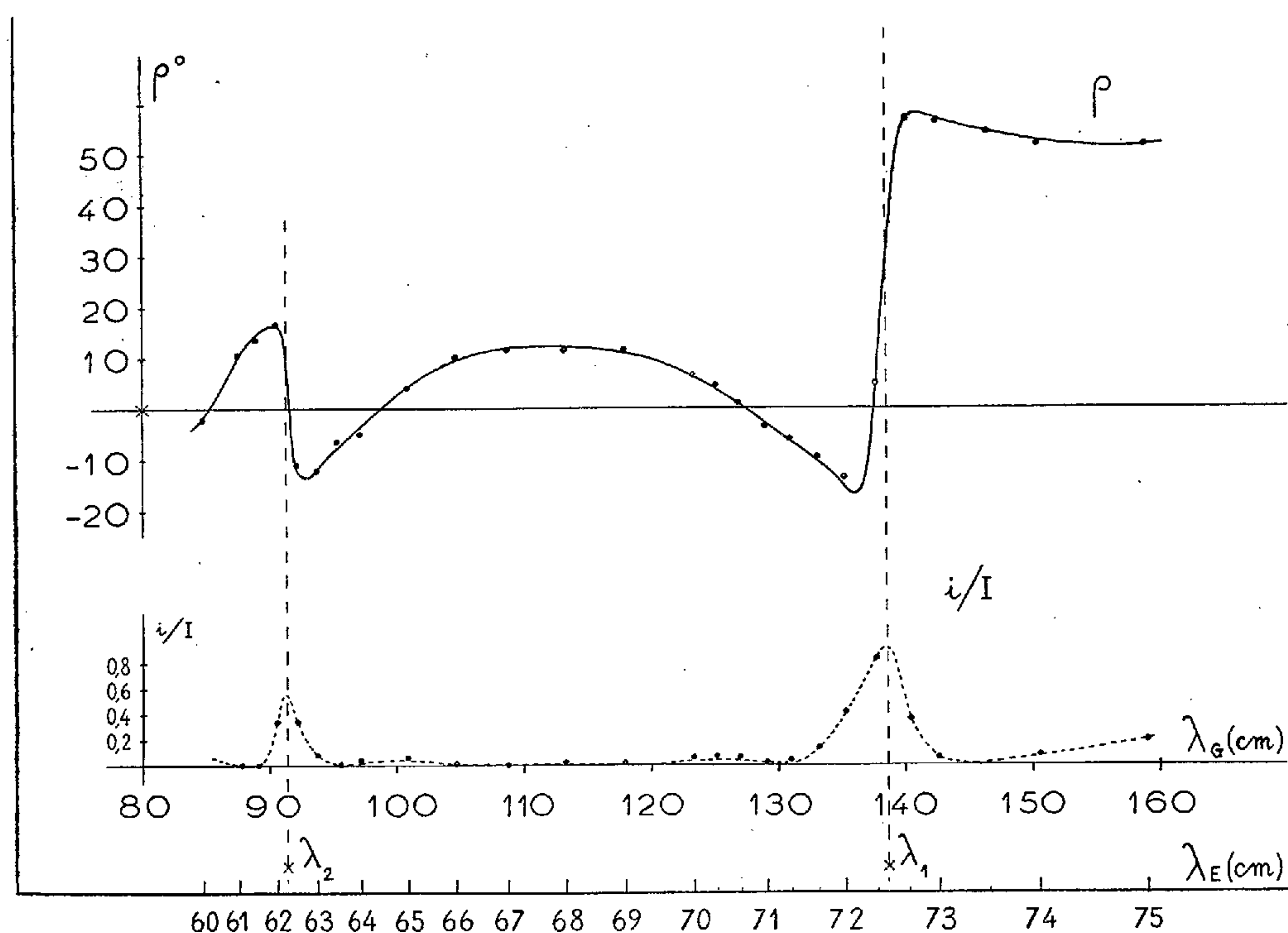
POLARIMÉTRIE. — *Observation d'anomalies rotatoires hertziennes conjuguées.* Note de MM. **Roger Servant** et **Pierre Loudette**, transmise par M. Jean Cabannes.

Nous avons signalé [1] qu'en plaçant des hélices monospires plates dans l'axe du guide d'ondes formant le corps de notre appareil de mesure [2] (qui comporte à l'une de ses extrémités une antenne émettrice, à l'autre un

---

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 46.
(2) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1052.

analyseur tournant et transmet des ondes H_{11}), on observait toujours le même phénomène : la courbe de variation, en fonction de la longueur d'onde, de la rotation ρ du plan de polarisation présente, dans la région d'absorption de l'hélice, une anomalie et le rapport i/I du courant minimum au courant maximum débité par l'analyseur lors de chaque pointé passe de la valeur zéro sur les bords de la bande à une valeur maximum au centre de celle-ci (où les



vibrations émergentes cessent d'être rectilignes). A ce phénomène, qui rappelle de si près les anomalies de dispersion rotatoire naturelle des corps actifs absorbants, ou encore les anomalies de rotation magnétique des solutions de sels paramagnétiques colorés, nous avons proposé de donner le nom d'*effet Cotton hertzien*.

Il nous a paru intéressant de poursuivre notre étude en cherchant à mettre en évidence, pour des hélices monospires plus longues, l'existence de *plusieurs* bandes actives.

Nous avons constaté que si l'on enroule sur un tube isolant, par exemple de 21 cm de diamètre, des hélices monospires de plus en plus longues, de pas 5, 10, 20, 30, 35, 40 et 45 cm, en plus de l'effet Cotton déjà signalé dont la position dans le spectre varie régulièrement avec la longueur de l'hélice depuis $(\lambda_1)_E = 69,75$ cm jusqu'à 70,25, 71, 72, 72,3, 72,5 et 73 cm, apparaît, dès l'hélice $p = 10$, une deuxième anomalie de signe opposé, à $(\lambda_2)_E = 68$ cm et

celle-ci reste fixe comme si elle ne dépendait que du rayon r du tube support (effectivement λ_2 varie linéairement avec r).

Ce phénomène paraît général : la figure 1 représente nos résultats expérimentaux pour une hélice de pas 46 cm, enroulée sur un cylindre de 14,4 cm de diamètre et caractérisée, suivant nos notations par $d = 14{,}4$ cm, D, $p = 46$ cm, $\alpha = -30°$. La bande λ_1 est toujours manifestement liée à la longueur de l'hélice par

$$(\lambda_1)_G \neq 2L, \qquad \text{avec} \quad \lambda_G = \frac{\lambda_E \lambda_C}{\sqrt{\lambda_C^2 - \lambda_E^2}} \qquad \text{et} \qquad \lambda_C = 85.$$

D'autre part, si l'on enroule successivement sur le même cylindre ($d = 14{,}4$) des hélices monospires de pas 40, 44, 46, 50 et 52 cm, on voit l'anomalie λ_1 se déplacer de $(\lambda_1)_G = 123{,}4$ cm à 135,5 137,5, 146,3 et 154,8 cm, comme le fait prévoir la variation de L, tandis que la deuxième anomalie λ_2 reste fixe à $(\lambda_2)_E = 62{,}3$ cm, soit $(\lambda_2)_G = 91{,}6$ cm. Celle-ci semble liée à la longueur même du cercle (fendu) projection de l'hélice.

Certes, des expériences complémentaires qui seront décrites ailleurs, montrent que le passage d'une hélice longue à une hélice plate n'est certainement pas toujours continu et qu'il peut y avoir décrochage de couplages, avec intervention de la « cavité antérieure » du guide, se bloquant ou se débloquant suivant les conditions de résonance du modèle, et qu'on peut même prévoir un effet limite non nul pour les cercles fendus...

Mais, dans le cas des *hélices monospires longues*, qui fait l'objet de cette Note, nos expériences montrent *l'existence de bandes actives associées* λ_1 *et* λ_2, imposées par le modèle hélicoïdal lui-même. Leur comportement est tout à fait semblable à celui prévu ([3]) par les théories de Kuhn et de Condon, pour des bandes actives conjuguées. En particulier, les anomalies de rotation sont ici de signes opposés. D'autre part, on trouve expérimentalement que l'absorption en λ_1 est grande, tandis que celle en λ_2 est à peine perceptible. Ceci suggère encore une analogie de mécanisme avec le modèle de Condon ([4]).

EFFET RAMAN. — *Sur l'orientation des ions* NH_4 *dans les cristaux d'halogénures d'ammonium.* Note de M. **Jean-Paul Mathieu** et Mme **Lucienne Couture-Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

La mesure du facteur de dépolarisation des raies Raman permet de montrer que les ions tétraédriques NH_4 n'ont pas la même orientation dans les cristaux cubiques de chlorure ou d'iodure d'ammonium.

Les expressions théoriques de l'intensité et du facteur de dépolarisation que

([3]) J.-P. Mathieu, *Les théories moléculaires du pouvoir rotatoire*, Paris, 1946, p. 88.

([4]) *Rev. Mod. Phys.*, 9, 1937, p. 451.

nous avons établies ([1]) pour les raies Raman dans les cristaux cubiques sont naturellement valables en particulier pour les raies dues aux vibrations internes de molécules ou d'ions complexes qui font partie de la maille, et dont les fréquences fondamentales gardent des valeurs voisines de celles que ces molécules ou ces ions possèdent à l'état gazeux ou dissous. Les valeurs prévues ont été trouvées en accord avec l'expérience pour les ions SO_4 ([2]), $Zn(CN)_4$ ([3]), SiF_6 et $SnCl_6$ ([4]), pour les molécules d'hexaméthylènetétramine ([5]). Dans tous ces cas, la structure cristalline, déterminée par les rayons X, montre que les éléments de symétrie caractéristiques des ions ou des molécules considérés, qui appartiennent au système cubique, coïncident avec ceux de la maille cubique; il doit en être ainsi pour que le réseau cristallin appartienne à un groupe de symétrie défini.

Réciproquement, l'étude de la polarisation des raies Raman d'un ion de symétrie cubique doit permettre de déterminer son orientation dans la maille d'un cristal cubique, si on ne la connaît pas. C'est le cas pour l'ion NH_4 dans les cristaux de chlorure, de bromure et d'iodure d'ammonium, où l'étude au moyen des rayons X fixe seulement la disposition relative des atomes d'azote et des ions d'halogène.

Dans le bromure à température ordinaire et dans le chlorure, cette disposition est analogue à celle qui existe dans le chlorure de césium. Les fréquences fondamentales de l'ion NH_4 : $\nu_1 = 3033\ cm^{-1}$ (simple, type A), $\nu_2 = 1685$ (double, type E), $\nu_3 = 3134$ et $\nu_4 = 1397$ (triples, type F_2) donnent naissance à des raies Raman qui ont des caractères normaux de polarisation permettant de les classer dans l'un des types A, E ou F_2. En dépit des complications présentées par les spectres de ces cristaux ([6]), on peut donc affirmer que les axes ternaires des ions NH_4 coïncident avec ceux de la maille cubique. Dans les cristaux cubiques d'iodure d'ammonium à 25° C, les atomes d'azote et d'iode sont disposés comme les ions Cl et Na dans le chlorure de sodium. Le spectre de Raman est formé de bandes larges; les principales bandes dues aux vibrations internes de NH_4 ont les nombres d'ondes suivants en cm^{-1} : 1383, 1410, 1630, 3075 et 3127. Origine : ν_4, ν_4, ν_2, ν_1, ν_3.

Ces origines sont confirmées par l'étude du spectre d'absorption infrarouge ([7]). Cependant, le facteur de dépolarisation de toutes les bandes Raman, sauf la bande ν_1, a une valeur anormale.

([1]) L. Couture et J.-P. Mathieu, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 902 et 1217.

([2]) J.-P. Mathieu et M. Tobailem, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 127.

([3]) L. Couture et J.-P. Mathieu, *Ann. Phys.*, 3, 1948, p. 521.

([4]) L. Couture-Mathieu et J.-P. Mathieu, *J. Phys.*, 12, 1951, p. 826.

([5]) L. Couture-Mathieu, J.-P. Mathieu, J. Cremer et H. Poulet, *J. Chim. Phys.*, 48, 1951, p. 1.

([6]) J.-P. Mathieu, R. Martinez-Aguirre et L. Couture-Mathieu, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 318.

([7]) O. Reinkober, *Z. Physik*, 5, 1921, p. 192.

Nous avons cherché à expliquer ces anomalies en admettant que les axes de symétrie des tétraèdres NH_4 ne sont pas parallèles à ceux du cristal. Supposons que l'un des quatre axes ternaires de NH_4 coïncide avec l'un des trois axes quaternaires de la maille cubique et que ces derniers axes soient orientés parallèlement à ceux du montage : OX, direction d'éclairement; OY, direction d'observation; OZ, perpendiculaire aux deux précédentes. La polarisation des raies de NH_4 sera alors celle que l'on prévoit dans un cristal cubique dont un axe *ternaire* serait dirigé suivant OX, OY ou OZ. Si ces trois orientations des ions NH_4 sont réalisées avec la même probabilité (ce qui est nécessaire pour que le cristal dans son ensemble soit cubique) un calcul de moyennes donnera l'intensité et le facteur de dépolarisation des raies des divers types.

Nous avons comparé la théorie à l'expérience pour le chlorure et l'iodure d'ammonium, dans deux orientations différentes : celle que nous venons de considérer [cas d'observation 1 du Mémoire [1]], et celle où un axe quaternaire du cristal est dirigé suivant OY, les deux autres étant à 45° de OX et de OZ (cas d'observation 2*b*). Les mesures du facteur de dépolarisation ρ ont porté sur la raie correspondant à la vibration ν_2 de NH_4.

	ρ calculé.		ρ mesuré.	
	Axes 3 de NH_4 suivant ceux du cube.	Un axe 3 de NH_4 suivant un axe 4.	Raie 1712 de $ClNH_4$.	Raie 1630 de INH_4.
Cas 1	0	1,4	0	1,3
Cas 2*b*	3	0,95	2 à 2,5	0,75 à 0,9

Les tétraèdres NH_4 sont donc orientés différemment par rapport aux axes des cristaux cubiques, dans le chlorure et le bromure d'ammonium d'une part, dans l'iodure d'autre part. L'origine de ces différences doit se trouver dans l'entourage des ions NH_4 : chacun d'eux a pour voisins, dans le chlorure et le bromure, huit atomes d'halogène situés aux sommets d'un cube; dans l'iodure, six atomes d'iode disposés en octaèdre régulier. C'est l'attraction des atomes d'halogènes sur les atomes d'hydrogène qui déterminerait dans tous les cas l'orientation moyenne des ions NH_4.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Note sur les phénomènes expansifs provoqués par les eaux sulfatées au contact des ciments Portland.* Note (*) de M. G. **Batta** présentée par M. Albert Caquot.

Au cours de diverses études ([1]), j'ai eu l'occasion de montrer que l'aiguille Le Chatelier, qui détecte la préexistence d'expansifs (chaux vive ou magnésie)

(*) Séance du 24 septembre 1951.

([1]) G. Batta, *Annales des Travaux publics de Belgique*, août 1948; G. Batta, *Chimie et Industrie*, n° 5, novembre 1947.

dans les liants hydrauliques, pouvait également détecter les actions expansives des eaux sulfatées sur ces liants. Le diagramme reproduit les expansions des bagues remplies de mortier confectionné avec 1/4 de ciment Portland et 3/4 de sable normal, et immergées dans diverses solutions :

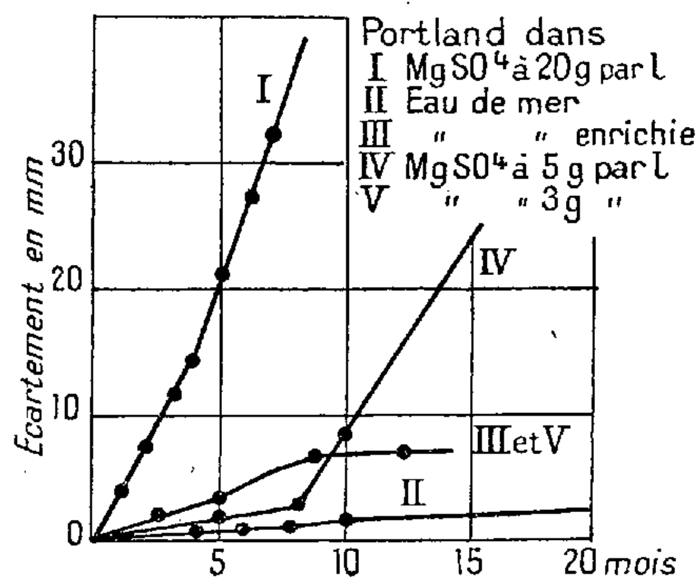
1° solution de sulfate $MgSO_4$ à 20 g par litre (concentration des eaux de terril ayant provoqué la destruction du béton):

2° de l'eau de mer artificielle;

3° solution n° 1 additionnée de chlorure sodique à 30 g par litre.

4° et 5° solutions à 5 g et à 3 g par litre de $MgSO_4$.

La courbe III met en relief l'action du chlorure sodique qui réduit des 4/5 l'expansion due à la solution n° 1.



Les solutions de SO_4Mg déterminent une production importante de gypse suivie au microscope. Ainsi le mortier est étudié dans les conditions rencontrées dans la pratique.

Il est intéressant d'essayer la même méthode sur des produits purs.

Nous avons mis au point la fabrication du silicate tricalcique ([2]). Quoique exempt de chaux libre, il libérait du gypse au contact de la solution n° 1. Immergé dans cette solution en mortier avec trois parties de sable normal, aucun gonflement n'a été constaté.

Par contre, en y mélangeant de petites quantités d'aluminate tricalcique, fabriqué par nous, j'ai constaté rapidement des expansions.

L'alumine du laitier provoque également l'expansion. J'ai introduit dans la bague de Le Chatelier le mortier formé de 3/4 de sable normal et de 1/4 d'un ciment composé de 30 % de silicate tricalcique et de 70 % de laitier en poudre. Les aiguilles s'écartaient dc 10 mm après 4 mois.

Ces résultats obtenus à l'aide d'une méthode nouvelle, prouvent à nouveau l'influence de l'alumine sur l'expansion, tandis que la formation de sulfate de

([2]) MM. Mertens et Plenger, ingénieurs chimistes et assistants aux laboratoires que je dirige, ainsi que M. Baiverlin, élève ingénieur chimiste, ont fabriqué les aluminates et silicates nécessaires à cette étude, et se sont assurés de la pureté de ces produits.

calcium n'entraîne pas d'expansion, mais le gypse faute d'adhérence au sable, détermine une moindre résistance.

Cette méthode illustre aussi l'action compensatrice du chlorure de sodium.

Cette remarque a déjà été signalée par Henry Le Chatelier ([3]). Il écrivait : « La présence des chlorures atténue très notablement l'action du sulfate de magnésie, soit en transformant partiellement celui-ci en chlorure de magnésie dans le cas du chlorure de sodium, soit en augmentant dans les autres cas l'imperméabilité de la croûte protectrice ».

Dans mes recherches, le chlorure de magnésium ne paraît toutefois pas jouer exactement ce même rôle.

La méthode permet aussi de mesurer pendant des années l'expansion lente dans l'eau de mer. Dans de rares expériences, en variant le tassement, la compacité, la teneur en ciment, l'expansion est évitée, mais les expériences ne peuvent pas être reproduites avec certitude. L'état d'instabilité du ciment au contact des eaux sulfatées rappelle par l'irrégularité des manifestations, la destruction de solutions sursaturées.

L'utilisation de l'aiguille Le Chatelier, permet de constater combien la compacité, la teneur en ciment et la carbonatation préalable jouent un rôle important dans l'expansion. Par contre, la teneur en eau a une influence moindre. Le trass réduit fortement l'expansion.

Ces résultats confirment les observations faites, sur la désagrégation des bétons par l'eau de mer et les eaux sulfatées, par Vicat, Le Chatelier et l'École française. Leurs observations sont valables pour les ciments actuels.

La méthode, à notre laboratoire de Liége, donne une précision suffisante, pour l'interprétation des nombres, analogue à celle des essais mécaniques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Essai d'interprétation de la répartition de traces de strontium entraînées par des cristaux de nitrate de potassium.* Note (*) de M. **Jules Pauly**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Des cristaux de NO_3K contenant Sr^* sont lavés à plusieurs reprises avec une solution saturée de NO_3K : la masse de Sr enlevée varie exponentiellement avec le nombre de lavages. Dans la région centrale, l'entraînement mesuré par dissolution progressive est proportionnel au rapport $[(NO_3)_2Sr/NO_3K]$ de la solution en équilibre avec le cristal pendant sa croissance.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré que le nitrate de potassium entraîne pendant sa cristallisation une partie du strontium présent

([3]) Dunod, 1904, p. 187.

(*) Séance du 3 décembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2203.

dans la solution. En chaque point du cristal la teneur en strontium est proportionnelle au rapport R_0 : [masse $(NO_3)_2(Sr + Sr^*)$/masse NO_3K] dans la solution primitive.

La répartition du strontium, très forte en périphérie et presque homogène au centre, nous fait penser que l'entraînement pourrait s'interpréter par les deux effets suivants : fixation superficielle de l'impureté et distribution quasi homogène dans toute la masse. S'il en est ainsi il doit être possible d'enlever le strontium fixé en surface en lavant les cristaux à plusieurs reprises avec une solution saturée de NO_3K, les cristaux résiduels étant ensuite dissous par couches successives afin d'étudier la répartition.

Des gros cristaux ($M = 18$ g), préparés par refroidissement lent de 32 à 20° d'une solution contenant du radiostrontium ($R_0 = 10^{-3}$), sont agités pendant une demi-heure avec un volume $V = 3$ cm³ de solution saturée de NO_3K. Le liquide est décanté, son activité permet de déduire la masse ε_1, de $(NO_3)_2(Sr + Sr^*)$ enlevée pendant cette première extraction. Les cristaux sont encore lavés deux fois avec 2 cm³ de solution saturée, les eaux de lavage étant jetées. Cette suite d'opérations est répétée neuf fois.

Les points obtenus permettent de tracer la courbe 1*a* qui est une exponentielle. Pour expliquer ce résultat nous supposons qu'après chaque lavage il reste une certaine quantité $E(i)$ de $(NO_3)_2Sr$ dans les cristaux; ces derniers sont en équilibre avec la solution de lavage qui a enlevé du nitrate de strontium de façon à être à la concentration $c(i)$. On a comme nous l'avons montré précédemment $E(i) = Kc(i)$ avec $E(i-1) - E(i) = Vc(i)$. Dans ces conditions la théorie classique du lavage des précipités s'applique, et l'on déduit, E_0 étant l'entraînement initial :

$$\varepsilon_i = E(i-1) - E(i) = E_0(1-\alpha)\alpha^{i-1} \qquad \text{avec} \quad \alpha = \frac{1}{1 + \frac{V}{K}}$$

Sur la figure 1*b* nous avons représenté $\log \varepsilon_i$ en fonction de i; la droite obtenue permet de déduire $\alpha (\alpha = 0{,}69)$ et l'entraînement E_0 [$E_0 = 34{,}5$ microgrammes de $(NO_3)_2Sr$]. Ces valeurs numériques permettent de tracer une courbe théorique qui recouvre exactement la courbe expérimentale précédente (*fig.* 1*a*), ce qui confirme le mécanisme proposé.

Pour étudier la répartition à l'intérieur des cristaux après les lavages, ceux-ci sont dissous par couches successives. Ils sont agités avec 3 cm³ d'eau, la solution obtenue est additionnée des eaux de lavage (2 × 2 cm³) et évaporée. L'activité du résidu solide permet de calculer l'entraînement en fonction de la distance au centre du cristal. Cette suite d'opérations est répétée huit fois jusqu'à dissolution complète.

La répartition mesurée de cette façon est représentée sur la figure 2. Le résultat peut être prévu en tenant compte de la variation de la concentration en potassium et en strontium de la solution pendant la croissance du cristal.

A un instant donné la phase solide a une masse m, une couche de masse dm est en train de se déposer. La concentration de la solution est exprimée par le rapport : $R = \text{masse}(NO_3)_2\,Sr/\text{masse}\,NO_3K$ qui à l'instant initial est égal

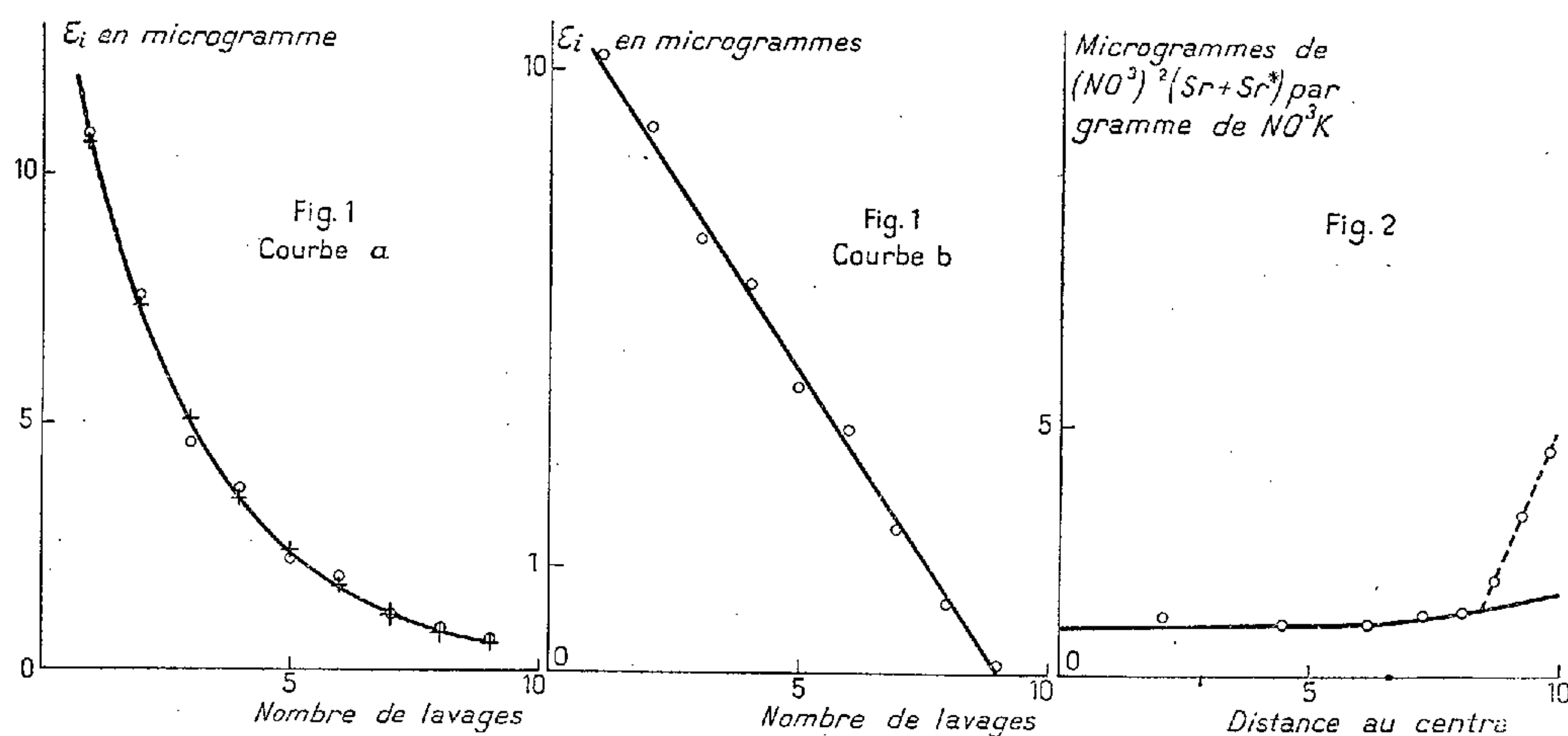


Fig. 1. — Quantités extraites représentées en fonction du nombre de lavages. Courbe a : Représentation de la fonction : $\varepsilon_i = E_0(1-\alpha)\alpha^{i-1}$ avec $E_0 = 34,5\,\mu g$ et $\alpha = 0,69$. Courbe b : Représentation logarithmique.

Courbe a : points expérimentaux O; points théoriques +.

Fig. 2. — Répartition du strontium dans des cristaux lavés avec une solution saturée de NO_3K $\left(\text{en trait plein la courbe théorique } e = \frac{1,0}{1 - 0,36\left(\frac{d}{10}\right)^3}\right)$.

à R_0. La quantité d'impureté e entraînée par la nouvelle couche varie linéairement avec R; comme e est très petit, on peut écrire, a étant la masse de NO^3K contenue dans la solution initiale :

$$(1) \qquad e = \lambda R \sim \frac{e_0}{1 - \frac{m}{a}}, \qquad \text{avec} \quad e_0 = \lambda R_0.$$

Le terme m/a exprimé en fonction de la distance au centre du cristal est égal à $(M/a)\,(d/d_0)^3$, le rapport M/a étant donné par la courbe de solubilité ($M/a = 0,36$).

La figure 2 montre que la répartition suit l'équation (2) à l'intérieur du cristal sur les 8/10 du rayon avec un entraînement initial $e_0 = 1,0\,\mu g : g$. Au voisinage de la surface l'entraînement est supérieur à la valeur prévue. La différence est due sans doute au résidu de strontium demeuré en surface après neuf lavages.

Les expériences précédentes montrent que le strontium fixé à la surface des cristaux de NO^3K peut être enlevé en lavant ceux-ci avec un non-solvant.

Dans la région centrale, la teneur en impureté se laisse calculer en se basant sur le fait expérimental que l'entraînement varie linéairement avec la concentration, chaque couche fraîchement déposée devant former écran entre la phase liquide et le centre du cristal.

CHIMIE PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Action des solutions alcooliques et hydro-alcooliques de soude sur la cellulose.* Note de MM. **Georges Champetier, Charles Legrand** et **Gaston Gombaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

En milieu hydroalcoolique, la fixation de la soude sur la cellulose est bien plus rapide qu'en milieu alcool éthylique ou en milieu aqueux.

L'obtention de la cellulose NaII avec l'alcool butylique sodé à 4,6 % montre que la cinétique des réactions de fixation doit être observée complètement.

Il est connu que l'action des solutions aqueuses de bases alcalines sur la cellulose, détermine la formation de combinaisons d'addition moléculaires appelées « alcalicelluloses », dont la composition dépend de la concentration de la solution alcaline ([1]). La fixation de la soude par la cellulose, très rapide en milieu aqueux, à la température ordinaire, est beaucoup plus lente en milieu alcoolique anhydre. Il faut attendre quelques jours pour constater une fixation notable de soude, mais celle-ci se poursuit pendant plusieurs mois et peut atteindre des valeurs supérieures à celles que l'on observe en milieu aqueux ([2]).

Alcool.	Concentration initiale de soude (grammes NaOH par litre).	Temps (jours).	Soude fixée (Mol. $NaOH/C_6H_{10}O_5$).
Méthanol	206	65	0,31
Éthanol	117	65	0,78
Propanol	45	65	1,36
Butanol N	48	65	1,23

La quantité de soude fixée est d'autant plus grande que l'alcool aliphatique a une masse moléculaire plus élevée, bien que la solubilité de la soude dans ces alcools diminue lorsque leur nombre d'atomes de carbone s'accroît.

M[lles] G. et Th. Petitpas ([3]) avaient déjà constaté que l'addition d'eau à une solution méthanolique de soude augmente considérablement la rétention d'alcali par la cellulose.

([1]) G. Champetier, *Ann. Chim.*, 20, 1933, p. 5; G. Champetier et K. G. Ashar, *Makromolekularen chemie* 6, 1951, p. 85; G. Champetier et J. Néel, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 930.

([2]) M. Bredjdygant et G. Champetier, inédit.

([3]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 672.

Nous avons vérifié [2] que l'addition de 1 % d'eau à une solution renfermant 117 g de soude par litre d'éthanol permet d'atteindre en 6 jours une fixation de 0,40 mol NaOH par groupe celloglucane, alors qu'elle n'est que de 0,26 mol NaOH en milieu alcool éthylique anhydre, au bout du même temps. Par contre, après 114 jours de contact, la quantité de soude fixée est la même en milieu alcoolique anhydre ou contenant 1 % d'eau.

Le rôle de l'eau consiste donc vraisemblablement à accélérer la vitesse de fixation de la soude par la cellulose en milieu alcoolique.

Une étude de ce phénomène a été effectuée en utilisant la diffraction des rayons X pour identifier les composés sodés formés, en tenant compte à la fois des temps d'action de la solution étudiée et de la teneur variable en eau.

L'examen des clichés a permis de noter, dans chaque cas, la composition approximative du mélange de cellulose native, de cellulose-Na I et de cellulose-Na II.

Des expériences témoins ont été conduites avec les alcools éthylique et butylique aussi anhydres que possible (teneur en eau $< 0,5$ %). Les concentrations en soude étaient : 10,25 % pour l'alcool éthylique; 4,6 % pour l'alcool butylique. Les mélanges eau-alcool étaient réalisés de façon à garder ces concentrations.

On a constaté que les clichés effectués après des temps d'immersion croissants tendent successivement vers celui de la cellulose-Na I, puis vers celui de la cellulose-Na II, et cela d'autant plus rapidement que la teneur en eau est plus élevée. Ainsi, après deux jours d'immersion dans l'alcool éthylique sodé absolu, le diagramme ne montre que des traces de cellulose-Na I. Pour le même temps, l'addition de 4 % d'eau amène la formation de 50 % de cellulose-Na I et, avec 15 % d'eau, la fixation de soude atteint un maximum puisque le diagramme est celui de la cellulose-Na II.

Avec des temps d'immersion beaucoup plus longs (jusqu'à 200 jours), les teneurs en eau nécessaires pour obtenir la cellulose-Na II sont bien plus faibles (3 à 4 % seulement).

Avec l'alcool butylique, le phénomène est de même nature, mais la fixation de la soude s'effectue rapidement.

Comme on a vérifié d'autre part que, pour les solutions aqueuses sodées de mêmes concentrations la transformation du réseau primitif est extrêmement faible, on doit trouver un domaine de concentrations réciproques eau-alcool pour lequel l'action est la plus rapide.

Il conviendrait de répéter ces expériences avec des temps d'immersion plus courts pour déterminer avec plus de précision la teneur en eau correspondant à la vitesse maximum de transformation du réseau.

Mais déjà ces premiers résultats autorisent les conclusions suivantes :

1° L'étude des propriétés physiques des mélanges eau-alcool sodés

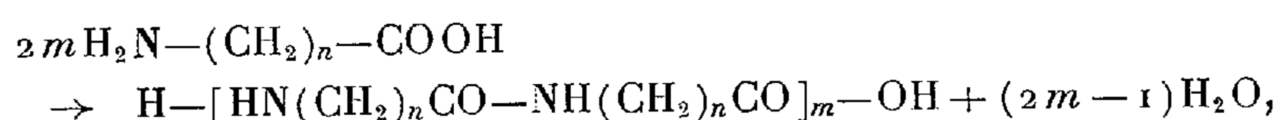
sera probablement susceptible de renseigner sur le mécanisme de la fixation de la soude sur les chaînes cellulosiques.

2° D'autre part, ces études cinétiques montrent qu'il est assez difficile d'attribuer aux divers réseaux des composés sodés de la cellulose des domaines d'existence bien délimités en se préoccupant uniquement des variables concentration et température. Le facteur temps généralement négligé (4) doit être également considéré.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Utilisation de la méthode des pesées continues pour l'étude cinétique de la polyamidification des aminoacides.* Note de MM. **Jean Colonge** et **Paul Guyot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs montrent que la polyamidification intermoléculaire des aminoacides peut être suivie à l'aide de la thermobalance de M. Chevenard.

La polyamidification intermoléculaire d'aminoacides peut se traduire par l'équation globale



$$2m\,H_2N-(CH_2)_n-COOH \rightarrow H-[HN(CH_2)_nCO-NH(CH_2)_nCO]_m-OH+(2m-1)H_2O,$$

donc, au fur et à mesure que la réaction progresse, la quantité d'eau formée en un temps donné devient de plus en plus faible et il arrive un moment où elle est difficilement mesurable.

Pour suivre la cinétique de ces réactions, il est nécessaire, ainsi que l'a indiqué M. Aélion (1), d'opérer sur des quantités importantes de matière; or, nous avons constaté que la thermobalance de M. Chevenard, réservée jusqu'ici à la thermogravimétrie minérale, est d'un emploi avantageux si les substances à polyamidifier ne sont pas volatiles aux températures d'expérience. En opérant sur 2 g d'aminoacide, avec le four à atmosphère contrôlée (azote), nous avons pu :

1° déterminer la température de la polyamidification commençante, en faisant une montée de température linéaire assez lente (60° par heure) pour éviter tout décalage entre la température lue et la température réelle de l'échantillon;

2° étudier la cinétique des réactions sur plusieurs essais à températures fixes, en utilisant le four comme thermostat;

---

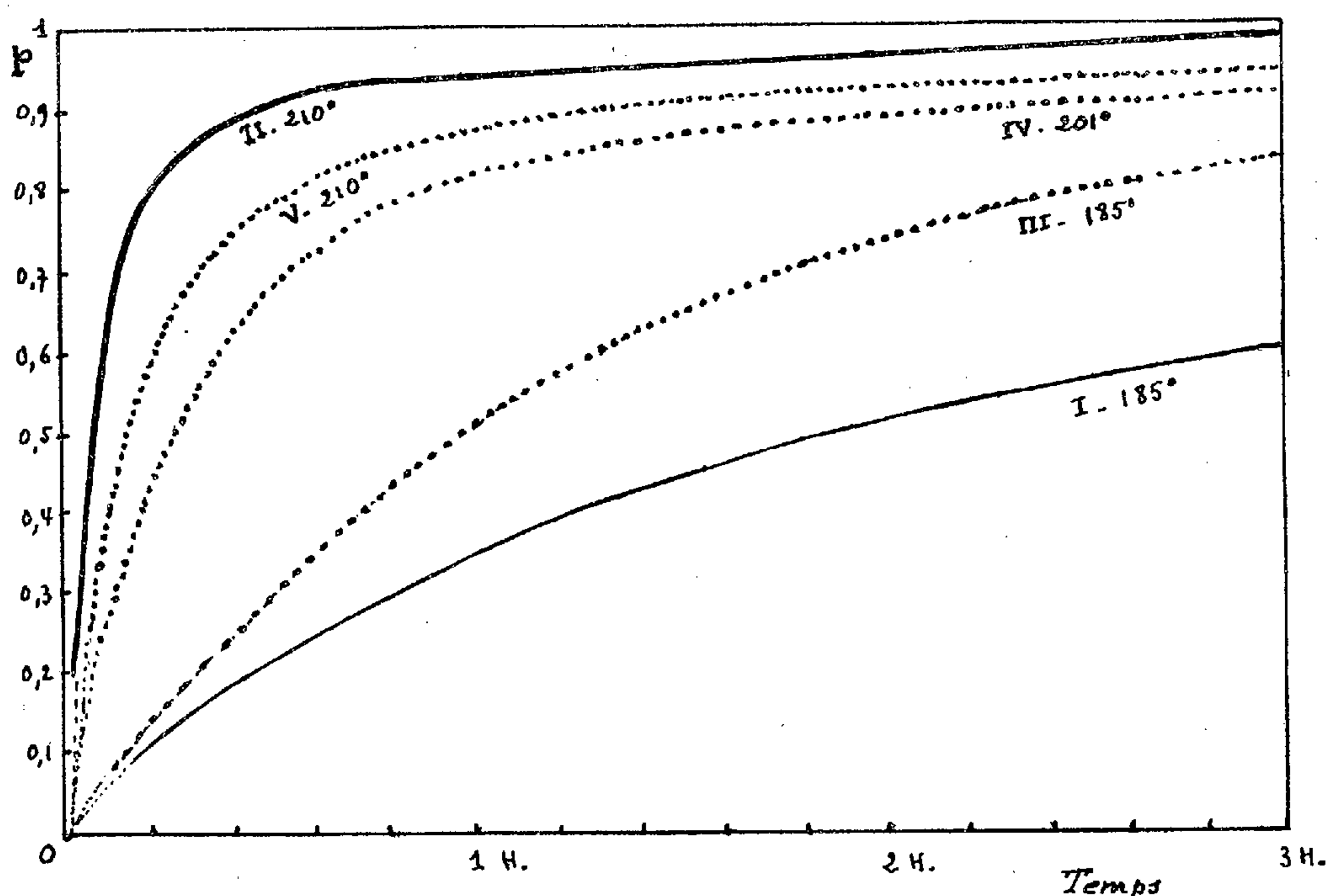
(4) Sisson, *J. Phys. Chem.*, 45, 1941, p. 717; Sobue, Kiessig et Hess, *Z. Physik chem.*, B, 43, 1939, p. 309.

(1) *Ann. Chim.*, 3, 1948, p. 15.

3° étudier la stabilité thermique des polyamides, en atmosphère inerte ou non, à température déterminée.

Nos essais ont porté sur l'*amino*-11 *undécanoïque* (F 190°) et sur l'*amino*-12 *octadécanoïque* (F 141°).

Les courbes d'enregistrement direct montrent que la polyamidification commence vers 180-183° pour les deux acides, donc avant fusion pour le premier; un essai à 185° a permis d'obtenir un polyamide d'amino-11 undécanoïque qui n'avait pas fondu et présentait un aspect rugueux et spongieux; toutefois, à cette température, l'opération est lente puisque 75 % seulement de l'eau sont éliminés après 5h30 alors qu'à 210°, il y en a 97 % en 2h30.



Variation de p en fonction du temps pour la polyamidification de :

amino-11 undécanoïque ———— amino-12 octadécanoïque . . . .

Des courbes d'enregistrement direct, on construit les courbes du « degré » ou « étendue » de la réaction p en fonction du temps (*voir* tableau) et l'on conclut que les polyamidifications d'aminoacides sont du type « step reaction » du second ordre; en portant $\log(dp/dt)$ en fonction de $\log(1-p)$, nous obtenons une droite de pente égale à 2. Ceci prouve qu'entre dp/dt et $(1-p)$ il existe une relation de la forme $dp/dt = k(1-p)^2$.

Nous avons vérifié que $1/(1-p)$ est sensiblement une fonction linéaire de t.

Les constantes k de la formule de Flory ([2]) $p = kt/(2 + kt)$ ont été calculées; nous avons trouvé pour k (en sec^{-1}) :

	185°.	201°.	210°.
Amino-11 undécanoïque..........	–	0,0056	0,0080
Amino-12 octadécanoïque.........	0,0008	0,0023	0,0033

Ces essais montrent que la thermobalance permet d'étudier la cinétique de la polyamidification et de déterminer rapidement sur de faibles quantités de matière les conditions optima d'obtention d'un polyamide.

Nous nous proposons d'appliquer cette méthode à l'étude d'autres réactions conduisant à des composés macromoléculaires.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Influence du solvant d'étalement sur les films superficiels monomoléculaires d'acétate de cellulose.* Note de MM. **Marcel Abribat** et **Jacques Pouradier**, présentée par M. Paul Pascal.

On a montré dans des Communications antérieures ([1]), ([2]) que l'on peut obtenir des films superficiels stables d'acétate de cellulose en déposant sur de l'eau capillairement nettoyée quelques gouttes d'une solution diluée de cet ester. Les mesures qui avaient porté sur des acétates de cellulose de taux d'acétyle compris entre 38,9 et 44,0 % ont été reprises et l'on a plus particulièrement étudié un acétate de cellulose secondaire à 38,9 % d'acétyle car d'après les expériences préliminaires les propriétés des films superficiels obtenus avec ce dérivé cellulosique dépendent du solvant utilisé pour l'étalement.

a. L'acétate de cellulose considéré est soluble dans les mélanges chlorure de méthylène-alcool contenant entre 15 et 40 % d'alcool. Les étalements réalisés à partir de ces solutions sous des pressions inférieures à 0,1 dyne : cm engendrent des films superficiels stables, reproductibles et dont les détentes et compressions sont réversibles. Les caractéristiques de ces films superficiels varient légèrement avec la composition du mélange solvant, mais les écarts observés sont à peine supérieurs aux erreurs expérimentales.

Dans la région des hautes pressions de l'isotherme de compression (courbe A, *fig.* 1) l'aire occupée par un groupe acétoglucosique est d'environ 45 Å^2. Les procédés de mesure classiques conduisent généralement à des dimensions de l'ordre de 50 Å^2 et par conséquent il semble que les cycles glucosiques sont disposés parallèlement à la surface de l'eau.

Aux très faibles concentrations superficielles le film a les propriétés d'un gaz à deux dimensions. L'étude de ce gaz superficiel a été faite à l'aide d'un micro-

([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 1877.

([1]) P. Clément et J. Pouradier, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 620.
([2]) M. Abribat et J. Pouradier, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1101.

manomètre à fil tendu ([3]) et la masse moléculaire moyenne numérique de l'acétate de cellulose étalé, déterminée d'après la pente à l'origine de l'isotherme de compression est de 41 000 ± 2 000.

b. Cet acétate de cellulose est également directement soluble dans l'acétone et en déposant quelques gouttes de la solution acétonique sur de l'eau capillairement propre on obtient un film superficiel ayant des propriétés différentes de celles des films envisagés ci-dessus (courbe B, *fig.* 1). En particulier l'encombrement d'un groupe acétoglucosique est plus petit et le domaine d'existence du gaz superficiel s'étend sur un intervalle de concentration et de pression superficielles plus grand que dans le cas précédent.

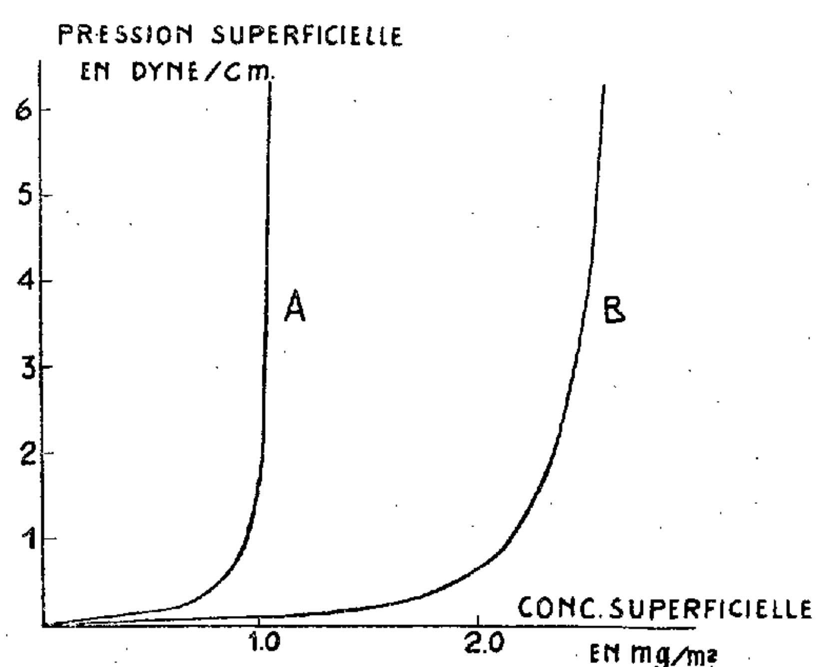


Fig. 1.

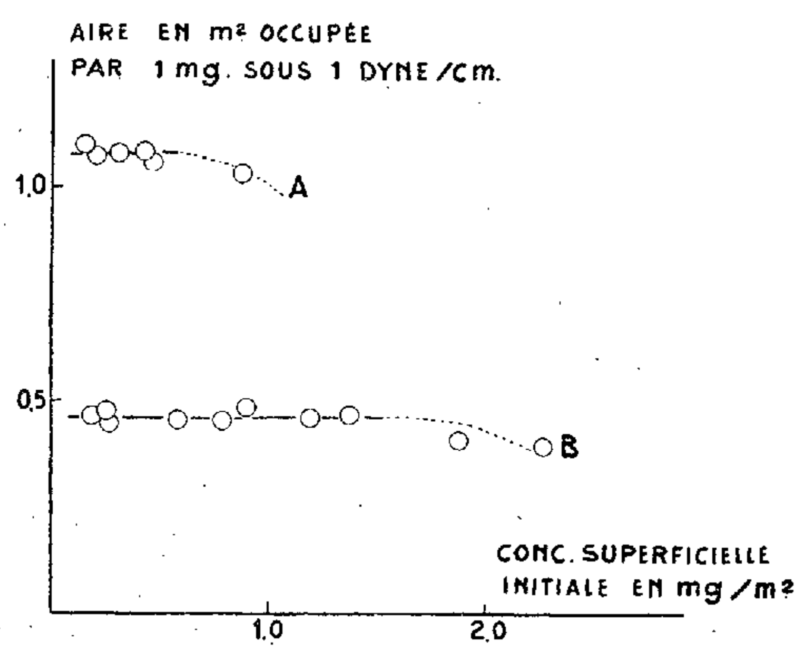


Fig. 2.

La pente à l'origine de l'isotherme de compression conduit à une masse moléculaire de 42 000 ± 3 000 et analogiquement au cas précédent les compressions et détentes sont réversibles. La différence de comportement de ces films superficiels ne paraît pas provenir d'un mauvais étalement. En effet, d'une part les masses moléculaires ainsi mesurées sont en bon accord et sont très voisines de la valeur déterminée par osmométrie (41 000).

D'autre part nous avons vérifié avec les deux solvants en faisant varier la quantité de substance déposée que l'aire occupée par unité de masse du polymère sous 1 dyne : cm de pression est indépendante de la concentration initiale dans un grand intervalle de concentrations. La courbe A de la figure 2 correspond au mélange solvant 69 % CH_2Cl_2, 31 % C_2H_5OH et la courbe B correspond à l'acétone. Toutes les isothermes de compression ont été déterminées en étalant l'acétate de cellulose dans les conditions correspondant aux paliers des courbes A et B.

On est conduit à admettre pour expliquer les différences observées que la configuration de la molécule d'acétate de cellulose à la surface de l'eau dépend

([3]) J. Guastalla, *Cahiers de physique* (2), **10**, 1942, p. 30.

du solvant d'étalement, soit qu'une partie de celui-ci reste fixée par solvatation sur les macromolécules et agisse sur leur pelotonnement, soit que les liaisons intramoléculaires qui unissaient les différentes parties des molécules d'acétate de cellulose avant étalement n'aient pas été rompues au contact de l'eau et que la molécule étalée ait une configuration voisine de celle qu'elle avait en solution ([4]).

CHIMIE THÉORIQUE. — *Extension de la notion de la charge.* Note ([*]) de MM. **Raymond Daudel** et **Alexandre Laforgue**, présentée par M. Louis de Broglie.

On a récemment tenu compte des interactions de configuration pour définir la charge ([1]) sur des atomes auxquels on peut attribuer les mêmes orbitales atomiques de valence. On étend cette définition à des cas où les orbitales atomiques peuvent être différentes (par exemple celui des hydrocarbures conjugués substitués et de certaines molécules hétéroatomiques),

Si l'on reprend la formule donnant d'une part le moment polaire d'une configuration p soit

$$\vec{\mu}_p=\sum_i \sum_{j,k} c_{ijp}c_{ikp}\int \psi_j(i)\,\vec{r}_i\,\psi_k(i)\,d\tau_i$$

et celle donnant le moment de transition depuis une configuration p jusqu'à une configuration q :

$$\vec{\lambda}_{pq}=\sum_{j,k} c_{jp}c_{kq}\int \psi_j(i)\,\vec{r}_i\,\psi_k(i)\,d\tau_i$$

on peut toujours écrire

$$\vec{\mu}_p=\sum_i \sum_{j,k} c_{ijp}c_{ikp}S_{jk}\vec{r}_{jk} \qquad \text{et} \qquad \vec{\lambda}_{pq}=\sum_{j,k} c_{jp}c_{kq}S_{jk}\vec{r}_{jk}$$

à condition de poser

$$S_{jk}\vec{r}_{jk}=\int \psi_j(i)\,\vec{r}_i\,\psi_k(i)\,d\tau_i.$$

Dans le cas général les extrémités des vecteurs $\vec{r}_{jk}$ ne coïncident plus avec des

([4]) J. Guastalla, *J. Chim. Phys.*, 43, 1946, p. 184, pour expliquer l'épaisseur exceptionnellement grande (50-80 Å) des films monomoléculaires de chlorure de polyvinyle étalés à partir de solutions dans le trichloréthane, a également supposé que la molécule garde en surface la forme de pelote qu'elle possède en solution.

([*]) Séance du 3 décembre 1951.

([1]) R. Daudel et A. Laforgue, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 623; R. Taylor, *Proc. Phys. Soc.*, 64, 1951, p. 249.

centres de symétrie des fonctions $\psi_j\psi_k$. Mais les extrémités des vecteurs $\vec{r}_{jj}$, $\vec{r}_{kk}$ et $\vec{r}_{jk}$ restent généralement alignées.

On peut alors trouver des constantes ω_j^k et ω_k^j telles que

$$\vec{r}_{jk}=\omega_j^k\,\vec{r}_{jj}+\omega_k^j\,\vec{r}_{kk} \quad \text{et} \quad \omega_j^k+\omega_k^j=1,$$

l'extrémité de $\vec{r}_{jk}$ partageant le segment $\vec{r}_{jj}-\vec{r}_{kk}$ dans le rapport $-\omega_j^k/\omega_k^j$.

On peut donc écrire

$$\vec{\mu}_p=\sum_j\left\{\sum_i\sum_{k\neq j}c_{ijp}c_{ikp}\mathrm{S}_{jk}\left(\omega_j^k\,\vec{r}_{jj}+\omega_k^j\,\vec{r}_{kk}\right)+\sum_i c_{ijp}^2\vec{r}_{jj}\right\}=\sum_j q_{jp}\,\vec{r}_{jj},$$

à condition de poser

$$q_{jp}=\sum_i\left\{c_{ijp}^2+2\sum_{k\neq j}c_{ijp}c_{ikp}\mathrm{S}_{jk}\,\omega_j^k\right\}.$$

D'une façon similaire nous aurons

$$\begin{aligned}\vec{\lambda}_{pq}&=\sum_{j,k}c_{jp}c_{kq}\mathrm{S}_{jk}\left(\omega_j^k\,\vec{r}_{jj}+\omega_k^j\,\vec{r}_{kk}\right)\\&=\sum_j\vec{r}_{jj}\left(c_{jp}c_{jq}+\sum_{k\neq j}(c_{jp}c_{kq}+c_{jq}c_{kp})\mathrm{S}_{jk}\omega_j^k\right)=\sum m_{jpq}\,\vec{r}_{jj},\end{aligned}$$

à condition de poser

$$m_{jpq}=c_{jp}c_{jq}+\sum_{k\neq j}(c_{jp}c_{kq}+c_{jq}c_{kp})\mathrm{S}_{jk}\omega_j^k.$$

On retrouvera les formules de la Note précitée lorsque

$$\vec{r}_{jk}=\frac{\vec{r}_{jj}+\vec{r}_{kk}}{2}.$$

Il vient en effet

$$q_{jp}=\sum_i\left\{c_{ijp}^2+\sum_{k\neq j}c_{ijp}c_{ikp}\mathrm{S}_{jk}\right\},$$

$$m_{jpq}=c_{jp}c_{jq}+\sum_{k\neq j}\left(\frac{c_{jp}c_{kq}+c_{jq}c_{kp}}{2}\right)\mathrm{S}_{jk} \quad (^2).$$

D'une façon générale on obtient la définition de la charge de l'atome l dans l'état P en posant

$$q_{l\mathrm{P}}=\sum_{\substack{p,q\\p\neq q}}(s_{p\mathrm{P}}^2\,q_{lp}+s_{p\mathrm{P}}\,s_{q\mathrm{P}}\,m_{lpq}).$$

---

(2) Dans la Note précitée le symbole « moyenne » a été omis.

Très souvent les centres de gravité des ψ_p coïncident avec les noyaux et $\vec{r}_{jk}$ se trouve alors sur la ligne des noyaux lorsque la liaison correspondante possède un axe de symétrie. On voit que l'emploi des formules précédentes est donc convenable pour les molécules conjuguées hétéroatomiques ou substituées. — La définition de la charge ainsi obtenue est utilisable aussi bien dans la méthode des orbitales moléculaires qu'en mésomérie ou dans la méthode des états de spin —.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Contribution à l'étude d'un type particulier de dérivés substitués.* Note (*) de M. **René Gouarné**, présentée par M. Louis de Broglie.

Soit S un système conjugué dont chaque atome peut subir l'attaque d'un substituant a et S' le système à $2n$ atomes résultant de l'attaque simultanée de a en tous les centres de S. Montrons (I) comment la connaissance des énergies π et des o. m. de S permet un traitement rapide de S'. Ainsi l'étude des hydrocarbures cycliques (II) abrège le calcul du diagramme de substances comme l'hexachlorobenzène (III).

I. Les atomes de S sont numérotés de 1 à n et les n atomes a de $n+1$ à $2n$. Avec les notations habituelles ([1]) supposons : égales entre elles les intégrales coulombiennes relatives aux atomes a (soit α le paramètre ainsi introduit); égales entre elles les intégrales d'échange entre atomes attaqués et substituants, soit $\beta_{k,n+k}=\beta$ indépendant de k ; nuls les β lointains.

Théorème. — *Si* $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ *sont les n niveaux énergétiques de* S, *les* $2n$ *niveaux de* S' *sont donnés par résolution des n équations*

$$\varepsilon^2-(\alpha+\varepsilon_k)\varepsilon+\varepsilon_k\alpha-\beta^2=0 \qquad (1\leqq k\leqq n).$$

Si pour S, *les o. m.* φ_k *s'expriment en fonction des o. a.* φ_r *par les relations* $\psi_k=c_r(\varepsilon_k)\varphi_r$ $(1\leqq k\leqq n,\ 1\leqq r\leqq n)$ *on a pour* S' *les relations*

$$\psi_{k,\pm}=\frac{\varepsilon_{k\pm}-\alpha}{\sqrt{(\varepsilon_{k\pm}-\alpha)^2+\beta^2}}c_r\varphi_r+\frac{\beta}{\sqrt{\varepsilon_{k\pm}-\alpha)^2+\beta^2}}c_r\varphi_{n+r}.$$

En posant $\varepsilon_k-\alpha=2\beta\operatorname{cotg}2\omega_k$,

$$\omega_{k,+}=\omega_k, \qquad \omega_{k,-}=\omega_k+\frac{\pi}{2},$$

les résultats précédents s'écrivent

$$\varepsilon_{k,\pm}-\alpha=\beta\operatorname{cotg}\omega_{k,\pm}, \qquad \psi_{k,\pm}=\cos\omega_{k,\pm}c_r\varphi_r+\sin\omega_{k,\pm}c_r\varphi_{n+r}.$$

II. *Étude des hydrocarbures cycliques à squelette polygonal* (*méthode m. o.*). — Notation et hypothèses habituelles ([2]) : n nombre d'atomes

$$\alpha_C=0, \qquad \beta_{C-C}=1, \qquad -\varepsilon-\beta_{C-C}y=2\cos\theta.$$

$$\text{Équation séculaire : } C_n(y)=2\cos n\theta-2\cos n\pi=0,$$

(*) Séance du 3 décembre 1951.

([1]) C.-A. Coulson, *Proc. Roy. Soc.*, A **191**, 1947, p. 40.

([2]) R. Gouarné, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 844.

Niveaux énergétiques. $\begin{cases} y_j = 2\cos(n+2-2j)\dfrac{\pi}{n}, \\ y_{j'} = 2\cos(n-2+2j')\dfrac{\pi}{n}. \end{cases}$

Pour n pair : $1 \leqq j \leqq \dfrac{n}{2}$, $\quad 1 < j' \leqq \dfrac{n+1}{2}$,

Pour n impair : $1 \leqq j \leqq \dfrac{n+1}{2}$, $\quad 1 < j' \leqq \dfrac{n+1}{2}$.

Dégénérescence d'ordre 2 : $y_j = y_{j'}$, si $j = j'$,

Coefficients normés. $\begin{cases} c_{k,1} = \dfrac{1}{\sqrt{n}}, \quad c_{k,n} = \dfrac{(-1)^k}{\sqrt{n}}, \\ c_{k,j} = \sqrt{\dfrac{2}{n}}\cos\left[2k(j-1)\dfrac{\pi}{n}\right], \\ c_{k,j'} = \sqrt{\dfrac{2}{n}}\sin\left[2k(j'-1)\dfrac{\pi}{n}\right] \quad (1 \leqq k \leqq n). \end{cases}$

Les fonctions propres relatives à une même énergie sont orthogonales. Dans l'état fondamental les électrons occupent les o. m. de plus basse énergie à raison de 2 au plus par o. m. La dégénérescence d'ordre 2 de tous les niveaux introduit une incertitude dans l'o. m. occupée de plus haute énergie. Pour obtenir des charges unitaires dans le cas d'un système à n électrons π il convient de faire jouer un rôle identique à des o. m. de même énergie; on est ainsi amené à répartir l électrons sur les o. m. d'indice $j = p + 1$ et $j' = p + 1$ (en posant $n = 4p - 2 + l$ et $1 \leqq l \leqq 4$) à raison de $l/2$ sur chacune. En admettant ce principe de répartition uniforme des électrons sur les o. m. de même énergie on obtient les diagrammes suivants :

$$q_k = \frac{e}{n} \quad (e, \text{ nombre d'électrons } \pi \text{ du système}),$$

$p_{k,k+1,e}$ désigne l'indice de la liaison k, $k+1$ (cas de e électrons π),

$$p_{k,k+1,e} = \frac{2}{n}\operatorname{cotg}\frac{\pi}{n} \quad (n-2 \leqq e \leqq n+2) \quad n = 4p,$$

$$\left.\begin{aligned} p_{k,k+1,n-1} &= \frac{1}{n}\cos\frac{\pi}{n}\operatorname{cosec}\frac{\pi}{2n} \\ p_{k,k+1,n} &= \frac{1}{n}\cos\frac{\pi}{2n}\operatorname{cotg}\frac{\pi}{2n} \\ p_{k,k+1,n+1} &= \frac{1}{n}\operatorname{cosec}\frac{\pi}{2n} \end{aligned}\right\} n = 4p+1,$$

$$\left.\begin{aligned} p_{k,k+1,n} &= \frac{2}{n}\operatorname{cosec}\frac{\pi}{n} \\ p_{k,k+1,n\pm j} &= p_{k,k+1,n} - \frac{j}{n}\sin\frac{\pi}{n} \end{aligned}\right\} n = 4p+2,$$

$$\left.\begin{aligned} p_{k,k+1,n-1} &= \frac{1}{n}\operatorname{cosec}\frac{\pi}{2n} \\ p_{k,k+1,n} &= \frac{1}{n}\cos\frac{\pi}{2n}\operatorname{cotg}\frac{\pi}{2n} \\ p_{k,k+1,n+1} &= \frac{1}{n}\cos\frac{\pi}{n}\operatorname{cosec}\frac{\pi}{2n} \end{aligned}\right\} n = 4p+3.$$

III. *Hexachlorobenzène.* — Hypothèses :

$\alpha_C = 0$, $\alpha_{Cl} = 0,5$, $\beta_{C-Cl} = \beta_{C-C} = 1$, Constante de valence $= \sqrt{3}$.

Niveaux : $-2,5$ $-1,78$ $-1,78$ -1 -1 $-0,85$ 0 $0,28$ $0,28$ $1,5$ $1,5$ $2,35$.

Charges et valences libres : $q_C = 1,170$, $q_{Cl} = 1,830$, $f_C = 0,234$;

Indices de liaison : $p_{C-C} = 0,563$, $p_{C-Cl} = 0,371$.

Justification mathématique. — Soit A, S, deux matrices constantes d'ordre n, I la matrice unité du même ordre. α, β, γ, trois fonctions d'un paramètre k : si l'on a les valeurs et les vecteurs propres de $\| A + \lambda S \|$ on en déduit par des formules simples [3] (omises ici) les quantités homologues de la matrice d'ordre $2n$.

$$\begin{Vmatrix} A + \lambda S & \alpha S \\ \beta S & \gamma I \end{Vmatrix}$$

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les domaines d'inflammabilité de l'éthane, du propane et du n-butane.* Note de MM. **Ralph Delbourgo** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons récemment publié les résultats de déterminations des domaines d'inflammabilité des mélanges d'air et de propane [1] ou de butane [2] depuis la pression atmosphérique jusqu'aux pressions critiques d'inflammabilité au-dessous desquelles les mélanges sont ininflammables. Nous avons montré, qu'avec un mode d'inflammation électrique particulier, la courbe délimitant le domaine d'inflammabilité était formée de deux branches distinctes se raccordant en un point plus ou moins anguleux. En remplaçant une partie de l'oxygène par des quantités croissantes d'azote, nous avons pu séparer entièrement deux domaines distincts d'inflammabilité, dont l'un est entièrement fermé et se trouve situé à de basses pressions et à des concentrations en combustible plus élevées que celles de l'autre domaine. Que la composition du mélange soit telle que ce domaine soit ou non entièrement distinct de l'autre, nous l'appellerons « second domaine d'inflammabilité ».

Dans une Communication récente faite à Cleveland, J. T. di Piazza, M. Gerstein et R. C. Weast [3] ont obtenu, avec divers hydrocarbures, des résultats analogues aux précédents, sans toutefois s'être placés dans les

(3) M. Parodi, *Mém. Sc. Phys.*, 1944.

(1) R. Delbourgo et P. Laffitte, *Nature*, London, 167, 1951, p. 985.

(2) R. Delbourgo et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 958.

(3) *Joint symposium on combustion chemistry of the division of petroleum chemistry, A. C. S. Cleveland meeting*, 1951; J. di Piazza, M. Gerstein et R. C. Weast, *Flammability limits of pure hydrocarbon-air mixtures at reduced pressures.*

conditions de composition des mélanges où les deux domaines d'inflammabilité peuvent être séparés. Ces auteurs attribuent le second domaine à des flammes froides. De sérieuses réserves nous semblent devoir être faites à cette affirmation, car s'il y a certainement des rapprochements à faire entre le second domaine et les domaines de flammes froides (mis en évidence dans d'autres conditions expérimentales), il existe plusieurs points qui nous paraissent suffisamment importants pour qu'on ne puisse, sans preuves expérimentales directes, identifier à des flammes froides les flammes du second domaine. Ces points sont les suivants :

1. *Concentration.* — Les flammes froides ont toujours été observées avec des concentrations centrées autour de celle du mélange équimoléculaire hydrocarbure-oxygène. Cette concentration correspond pour les mélanges air-propane ou air-butane, par exemple, à 17 % environ d'hydrocarbure. Elle est située bien au delà du domaine d'inflammabilité pour les pressions égales ou inférieures à la pression atmosphérique.

2. *Pression.* — Par inflammation électrique, les flammes froides n'apparaissent qu'à 12 atm pour les mélanges air-propane et à 8 atm pour les mélanges air-*n*-butane [4]. Or, les seconds domaines ne se présentent qu'à des pressions d'une fraction d'atmosphère. Il faut, toutefois, remarquer que les pressions telles que les précédentes (12 ou 8 atm) devraient pouvoir être abaissées en employant des procédés d'inflammation plus efficaces.

3. *Aspect des flammes.* — Les flammes que nous avons observées dans le second domaine, bien qu'assez pâles, ont une luminosité bien supérieure à celle que présentent habituellement les flammes froides. Elles sont visibles dans une pièce faiblement éclairée, alors que les flammes froides ne peuvent généralement être observées que dans l'obscurité la plus complète, et après même une certaine accoutumance à l'obscurité.

Ainsi donc, il nous paraît difficile d'assimiler les flammes du second domaine à des flammes froides, mais on doit noter qu'il y a des rapprochements à faire entre les deux types de flammes :

1. Le *méthane* ne donne ni flamme froide, ni second domaine.

2. L'*éthane* donne par auto-inflammation une courbe présentant une discontinuité qui, d'après D. T. A. Townend [4], pourrait être l'amorce d'une zone de flammes froides. De même, par inflammation électrique, il ne présente que l'amorce d'un second domaine.

3. Le *propane* et le *butane* sont les premiers des hydrocarbures paraffiniques susceptibles de donner des flammes froides. Ce sont aussi les premiers qui, par inflammation électrique, donnent un second domaine.

---

(4) D. T. A. Townend et K. Spence, *Colloque sur la cinétique et le mécanisme des réactions d'inflammation et de combustion*, C. N. R. S., Paris, 1948, p. 119.

Ainsi donc on ne peut assimiler aux flammes froides les flammes observées dans le second domaine d'inflammabilité, quoique ce soient les mêmes hydrocarbures qui donnent les deux types de flammes.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du cuivre par la dithizone en solution acétonique homogène.* Note de M. **Robert Delavault** et M[lle] **Ruth Irish**, présentée par M. Paul Pascal.

On sait que l'extraction des ions cuivriques en solution aqueuse, par la dithizone en solution organique immiscible, est une opération relativement lente, et pas toujours complète (1). Nous avons diminué cette difficulté (2) en employant une solution aqueuse de dithizone dans l'ammoniaque diluée, mais il semblait encore plus pratique de prendre un solvant commun au sel métallique, au réactif et au complexe formé. L'acétone a donné d'excellents résultats. Il est préférable qu'elle contienne 10 % d'eau, et alors elle n'attaque plus que très modérément la graisse à robinets, tout en dissolvant bien plus de 60 mmg : l de dithizone et les complexes métalliques correspondants. Pour les expériences préliminaires avec l'acétone anhydre, nous avions dû fabriquer une burette selon le prototype inventé par Gay-Lussac, avec un long tube étroit remontant le long de la burette. La présence d'eau est d'ailleurs nécessaire pour que le cuivre ne donne pas le complexe jaune de type « énolique »; en ajoutant de l'eau à la solution jaune, elle devenait orange pour 6 % d'eau, et tournait au rouge cerise pour 7 %.

On peut ainsi titrer le cuivre en agitant très modérément dans un récipient ouvert, le virage final représentant un mélange en proportions définies de dithizonate de cuivre et de dithizone en excès. La nuance la plus sensible aux variations de composition est un gris bleuté, qu'on obtient avec approximativement les mêmes proportions dans le chloroforme; il est nettement plus bleu que dans le tétrachlorure de carbone.

Malheureusement, l'usage d'une phase unique n'accélère pas seulement la réaction du cuivre sur la dithizone; elle accélère aussi l'oxydation de ce réactif par des agents comme les sels ferriques, qui n'ont pas d'action sensible en solution acide sur la solution organique immiscible de dithizone. Des réducteurs comme les sels de phénylhydrazine ou d'hydroxylamine, suffisamment modérés pour ne pas précipiter le cuivre, ne réduisent pas absolument tout le fer, à moins que l'équilibre ne soit continuellement déplacé par complexion des ions ferreux; c'est ce qui se produit dans la

---

(1) H. Barnes, *Analyst*, 72, 1947, p. 469.

(2) R. Delavault et R. Irish, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1079.

colorimétrie du fer au dipyridyle. Cette observation n'invalide pas les données usuelles de la chimie analytique à ce point de vue, elle ne concerne qu'une fraction de milligramme par litre, l'erreur étant la même dans l'étalonnage et dans la titration. Pour la microchimie, le problème est important, presque tous les échantillons naturels renfermant plus de fer que de cuivre. S'il n'y en a pas trop, de bons résultats peuvent encore s'obtenir en ajoutant du sulfate de phénylhydrazine en quantités beaucoup plus fortes, 100 fois ou plus, que la dithizone utilisée. Ce sel offre à l'oxydation un groupe NH semblable à celui de la dithizone, et n'a pas le temps de réagir sur l'acétone. En pratique, ces inconvénients sont atténués, parce que la dithizone réagit instantanément sur le métal, tandis que l'oxydation peut demander plusieurs secondes et que le complexe ne s'oxyde que très lentement. Il est donc possible d'utiliser ce procédé pour une séparation, en ajoutant la dithizone acétonique en excès, et agitant légèrement avec un solvant organique, qui enlèvera le complexe métallique, l'excès de dithizone et la carbodiazone fermée par oxydation.

Une excellente approximation d'une réaction homogène est obtenue en titrant une solution métallique renfermant 80 % environ d'acétone par une solution de dithizone dans le tétrachlorure de carbone ou un autre solvant organique immiscible à l'eau. La plus grande partie de l'acétone passe finalement dans la solution organique; le mélange est tellement intime qu'il peut donner une émulsion stable plusieurs minutes et que les sels ferriques peuvent oxyder la dithizone. Une telle opération peut se réaliser à n'importe quelle échelle, et n'est pas limitée aux solvants en question; elle peut résoudre bien d'autres problèmes d'analyse microchimique.

Dans un champ aussi large que celui des applications de la dithizone, c'est une œuvre de longue haleine de généraliser le moindre perfectionnement. Signalons tout de suite une différence avec les données classiques : le cobalt et le nickel réagissent en solution acide sur la dithizone dans l'acétone, comme on pouvait s'y attendre, puisque leur dithizonate résiste aux acides. Dans la recherche des métaux lourds dans l'eau (2), la solution acétonique de dithizone est au moins aussi satisfaisante que la solution ammoniacale, elle a l'avantage de se conserver très bien, mieux même que la solution dans le tétrachlorure de carbone. Le mode opératoire décrit dans cette Note peut être amélioré en ajoutant en premier la solution, ammoniacale ou acétonique, de dithizone. Le métal réagit avec le précipité de dithizone, comme le montre la couleur rose du complexe, très différente de la couleur violacée de la dithizone précipitée, qu'on observe s'il y a quelques centièmes de milligrammes par litre de métal.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Contribution à la méthode de Kjeldahl en présence d'oxychlorure de sélénium : cas de la quinoléine et de la quinaldine.* Note de M. **Claude Moreau**, présentée par M. Paul Pascal.

La méthode mise au point pour doser la pyridine ne convient pas dans le cas de la quinoléine ou de la quinaldine; une ébullition un peu trop prolongée, un léger excès d'oxychlorure de sélénium entraînent en effet des pertes d'azote trop importantes.

Les résultats obtenus par M. Dupuy ([1]) dans le cas de la pyridine ont servi de point de départ à ce travail. L'oxychlorure de sélénium, préparé par la méthode de Lenher, était, comme celui de M. Dupuy, légèrement coloré; nous n'avons pas cherché à l'obtenir rigoureusement pur. L'attaque d'une prise d'essai de 150 mg environ a été faite par le mélange suivant : SO_4H_2 : 25 cm³; SO_4K_2 : 40 g; $SeOCl_2$: *m* mg. La température d'ébullition d'un tel mélange est voisine de 400°C. L'étude a été conduite de manière systématique en faisant varier successivement le temps d'ébullition et la masse *m* du catalyseur.

Deux séries d'essais ont été effectuées.

1° Les constituants du mélange précédent étaient mis dans le matras servant à l'attaque et la prise d'essai (quinoléine ou quinaldine) était ajoutée en dernier lieu. En aucun cas il n'a été possible de doser ainsi la totalité de l'azote et, de plus, les résultats n'étaient pas du tout reproductibles.

2° Pensant que la formation préalable d'un composé organique du sélénium était indispensable, nous avons alors mis en contact direct la base quinoléique et l'oxychlorure de sélénium. La réaction est très exothermique; le mélange brunit et après refroidissement il se solidifie. Une durée de contact de 15 mn est très suffisante; on ajoute ensuite le mélange d'acide sulfurique et de sulfate de potassium et l'on fait bouillir. Voici quelques résultats relatifs à la quinoléine (N °/₀ théorique : 10,85) :

Prise d'essai (g).	Masse de $SeOCl_2$ (g).	Durée de l'ébullition (h).	Azote libéré (%).
0,148	0,200	1 1/4	10,2
0,146	0,200	1 1/2	10,8
0,153	0,200	1 1/2	10,8
0,147	0,200	2	7,5
0,144	0,500	1 1/2	9,6
0,155	1	1 1/2	8,7

La durée d'ébullition optima est de 1 h 1/2 et la quantité d'oxychlorure de sélénium à utiliser est de 200 mg pour 150 mg de quinoléine, ce qui correspond

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 836.

à une combinaison équimoléculaire. Pour la quinaldine, les résultats ont été analogues ([2]).

La méthode est cependant délicate à appliquer. La durée d'ébullition doit être rigoureusement contrôlée : les pertes d'azote se produisent au delà de 1 h 1/2. Il en est de même lorsqu'on met en œuvre une masse d'oxychlorure de sélénium supérieure à celle qui correspond à une combinaison équimoléculaire avec la base quinoléique. Cet oxychlorure ou ses produits de décomposition catalysent probablement une oxydation de l'ammoniac ou des produits aminés que l'on dose à la fin de l'opération. Le rendement en azote n'augmente pas avec la masse d'oxychlorure comme dans le cas de la pyridine.

MÉTALLURGIE. — *Étude de l'homogénéisation des ségrégations dendritiques de phosphore et d'arsenic dans des aciers alliés.* Note (*) de M. **André Kohn**, présentée par M. Albert Portevin.

Les résultats déjà obtenus sur des aciers au carbone par l'emploi de la méthode autoradiographique ont été confirmés dans le cas d'aciers alliés : la ségrégation de l'arsenic est plus difficile à homogénéiser que la ségrégation du phosphore. La vitesse de cette homogénéisation ne paraît pas influencée de façon appréciable par la présence d'éléments d'alliage aux teneurs habituellement rencontrées dans les aciers de construction alliés.

Nous avons poursuivi sur des aciers alliés l'étude précédemment entreprise sur des aciers au carbone ([1]) en utilisant la méthode autoradiographique dans les mêmes conditions. Nous avons préparé dans un four H. F. des lingots d'environ 5 kg, pendant la fusion desquels on a ajouté du ferrophosphore à 9 % P, irradié pendant 20 jours à la pile atomique de Châtillon. Dans les lingots ainsi obtenus, on a prélevé de petites plaquettes qui, après des traitements d'homogénéisation à hautes températures, ont été placées en exposition autoradiographique pendant six semaines. Lorsque l'activité du radiophosphore fut devenue négligeable, les plaquettes furent irradiées pendant deux nuits consécutives dans la pile atomique. Après un repos de 36 h destiné à permettre la décroissance de l'activité du radiomanganèse et du radiocuivre formés dans ces conditions, les plaquettes ont subi une deuxième exposition autoradiographique destinée à mettre en évidence la ségrégation de l'arsenic. Il fut ainsi possible d'observer séparément la ségrégation dendritique du phosphore et celle de l'arsenic sur les mêmes échantillons.

La composition chimique moyenne des lingots étudiés était la suivante

([2]) C. Moreau, *Diplôme d'études supérieures*, Poitiers, 1951.

(*) Séance du 3 décembre 1951.

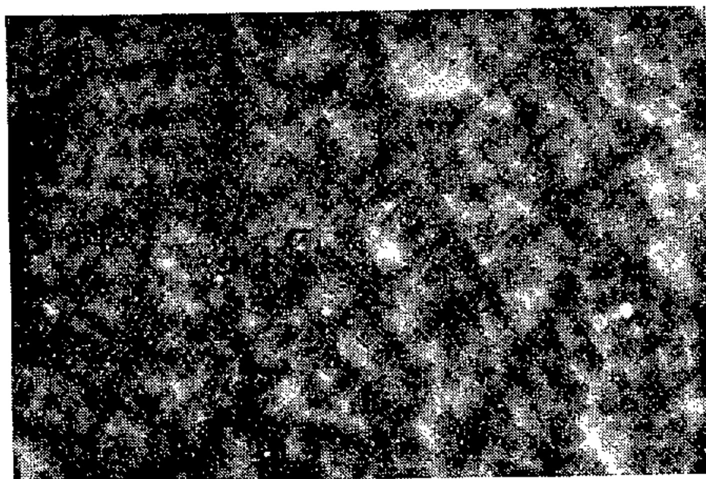
([1]) A. Kohn, *Comptes-rendus*, 233, 1951, p. 178.

Lingot.	C %.	P %.	S %.	As %.	Si %.	Mn %.	Ni %.	Cr %.	Mo %.
D	0,21	0,099	0,006	0,167	0,15	tr	–	1,85	0,34
E	0,34	0,087	0,010	0,135	0,19	tr	–	1,70	–
F	0,17	0,076	0,007	0,106	0,28	tr	2,85	1,90	0,21
G	0,25	0,068	0,020	0,107	0,28	0,015	4,0	–	–

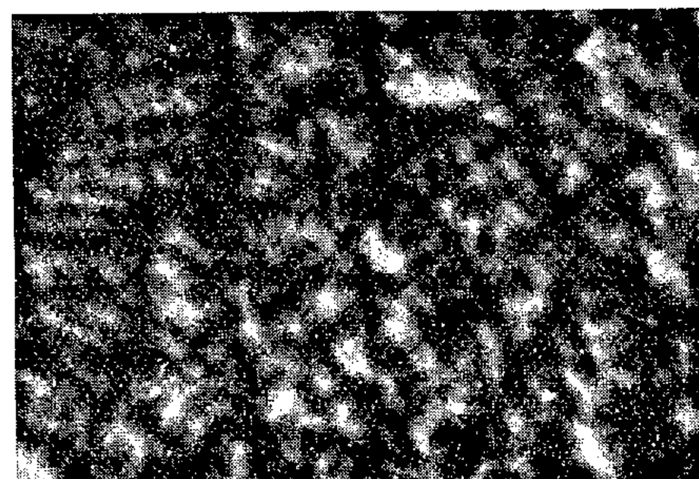
Les recuits d'homogénéisation ont été effectués en capsules soudées à 1125, 1200 et 1275° pendant 4 à 70 h. Tous les échantillons ayant subi ces recuits, ainsi que des plaquettes témoins, furent ensuite normalisés pendant 10 mn à 900°.

LINGOT F.

Sans traitement d'homogénéisation.

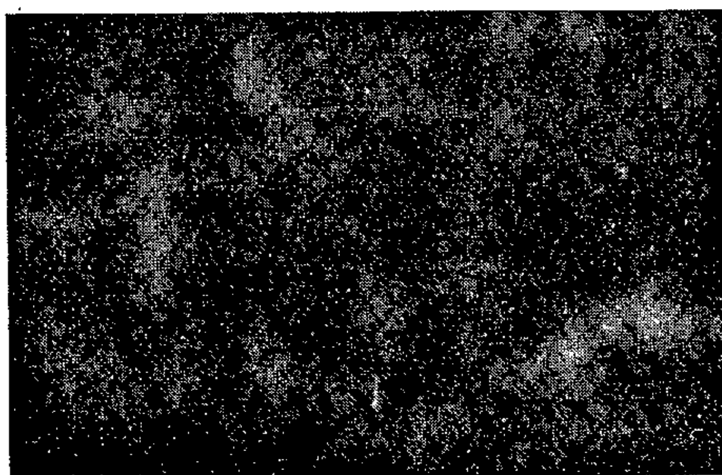


Ségrégation du phosphore.

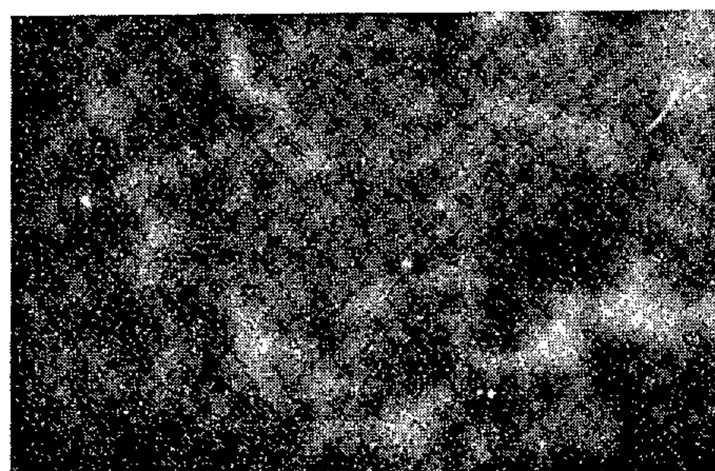


Ségrégation de l'arsenic.

Après recuit de 32 h à 1200°.



Ségrégation du phosphore.



Ségrégation de l'arsenic.

Résultats. — Comme dans le cas des aciers au carbone, l'examen des autoradiographies confirme que la vitesse d'homogénéisation est d'autant plus grande que la température de recuit est plus élevée et montre que l'arsenic diffuse plus lentement que le phosphore. D'autre part, la vitesse d'homogénéisation ne paraît pas sensiblement influencée par la présence d'éléments alliés. En effet, de même que pour l'acier C précédemment étudié, la forme générale de la ségrégation du phosphore est encore très visible dans les quatre lingots

considérés après un recuit de 32 h à 1125° et elle demeure discernable après 70 h à la même température. Ce n'est qu'après des recuits de 70 h à 1200° ou de 32 h à 1275° que l'on peut considérer l'homogénéisation du phosphore comme pratiquement, mais pas totalement, réalisée.

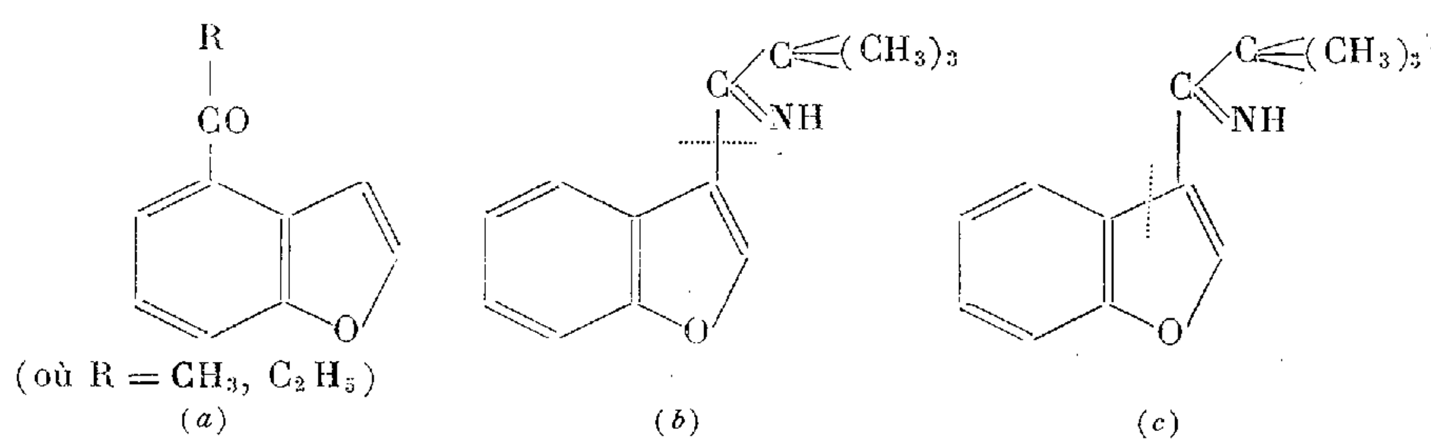
Après 70 h à 1200° ou 32 h à 1275°, la ségrégation de l'arsenic peut être encore nettement observée; après 70 h à 1275°, elle est très atténuée, mais l'homogénéisation n'est pas complète.

Par ailleurs, le lingot G présentait des amas de ségrégations visibles sur plusieurs échantillons. L'atténuation de ces ségrégations est également plus rapide pour le phosphore que pour l'arsenic.

Ces résultats, pour qualitatifs qu'ils soient, montrent que la diffusion du phosphore dans les aciers se fait plus rapidement que celle de l'arsenic; elle ne paraît pas influencée de façon appréciable par la présence d'éléments d'alliage aux teneurs habituellement rencontrées dans les aciers de construction alliés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence d'un effet stérique sur l'absorption des dérivés β-substitués du benzofurane.* Note de Mme **Pauline Ramart-Lucas** et M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons établi (¹) que lorsqu'une fonction oxime, semicarbazone, etc., est liée d'une part au carbone α du benzofuranne, et d'autre part à un alcoyle à chaîne normale, un *couplage* important s'exerce entre la fonction et le radical α-benzofuryle. Ce *couplage* ne disparaît pas si l'on provoque un effet stérique au voisinage de la fonction. Toutes ces molécules ont la forme *absorbante*. Ce phénomène est analogue à celui que l'on observe quand la fonction est fixée sur une chaîne aliphatique (expériences inédites), soit encore sur le carbone α du furanne et du pyrrole (²). Il est par ailleurs très différent du phénomène qui se manifeste dans les séries : benzénique, pyridinique (³), et β-benzopyrrolique (⁴). Ces résultats ont conduit à penser que la structure électronique du carbone α, dans le benzofuranne n'est pas coplanaire.



(où R = CH_3, C_2H_5)
(a) (b) (c)

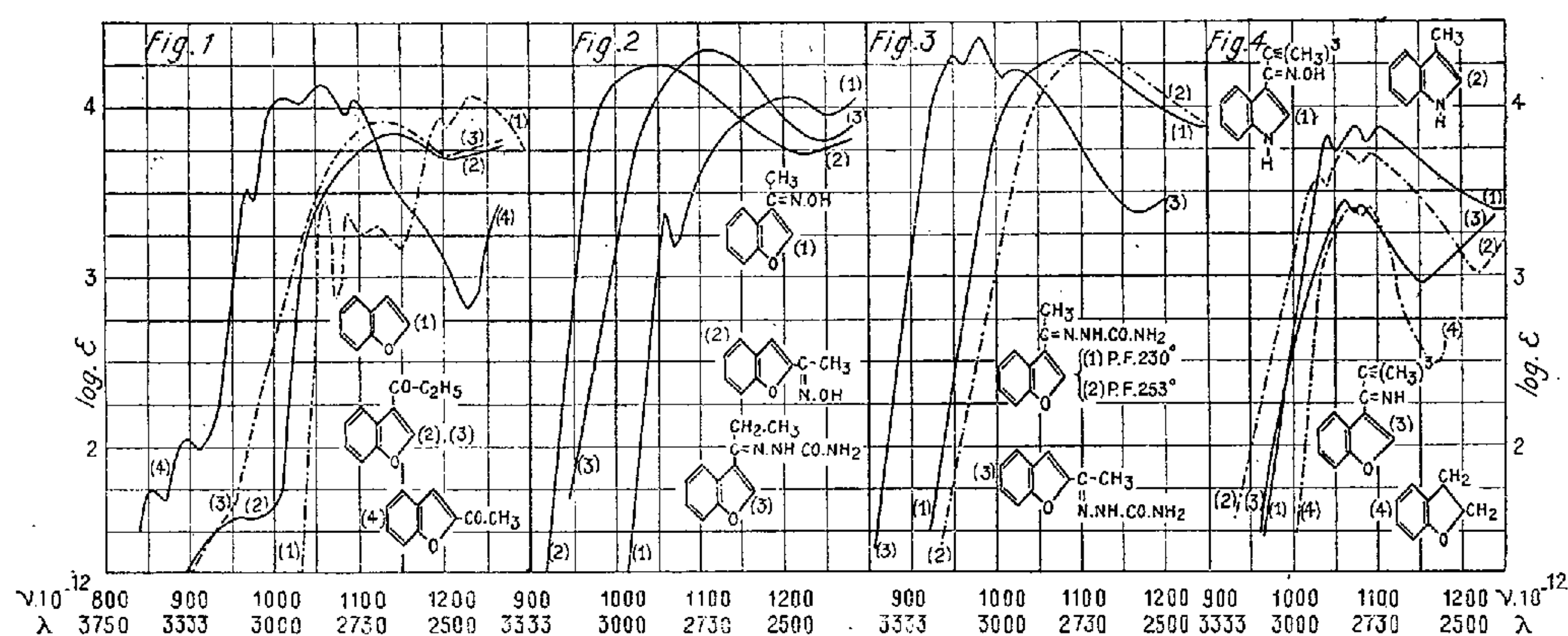
(¹) Mme P. Ramart-Lucas et M. Martynoff, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 517.
(²) Mme P. Ramart-Lucas, J. Hoch et J. Klein, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 336.
(³) Mme P. Ramart-Lucas et Mlle S. Bertucat, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 295.
(⁴) Mme P. Ramart-Lucas et M. Roch, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 843.

Cette étude a été étendue aux dérivés β-substitués du benzofuranne. Nous avons mesuré l'absorption des cétones (*a*) et de leurs dérivés : oximes et semicarbazones ainsi que celle de la tert. but.-β-benzofurylcétimine (*b*)

Les résultats obtenus peuvent être ainsi résumés :

A. L'effet spectral de la substitution dans le cas des cétones, des oximes et des semicarbazones est, toutes choses égales par ailleurs, beaucoup plus faible que celui qui se manifeste dans les combinaisons α-substituées (*voir* les diverses figures sur lesquelles sont tracées à titre de comparaison quelques courbes des isomères α).

B. L'introduction, sur le carbone β du benzofuranne, d'une fonction cétone est accompagnée d'un changement d'absorption qui correspond à un *couplage* peu important mais très net qui s'exerce entre le radical benzofuryle et la fonction [*voir fig.* 1 les courbes de l'éthyl-β-benzofurylcétone dans le cyclohexane (2) et dans l'alcool (3); celles de la méthyl-α-benzofurylcétone dans le cyclohexane (4) et du benzofuranne (1)].



C. La présence d'un groupe méthyl-(ou éthyl)-cétoxime fixé sur le carbone β, augmente l'intensité d'absorption du benzofuranne. Ici encore le *couplage* qui s'établit entre les deux chromophores est relativement peu important [*voir fig.* 2 la courbe de la méthyl-β-benzofurylcétoxime (1) et, à titre de comparaison, celle de son isomère α (2)].

D. L'influence exercée par la fonction méthyl- (ou éthyl-) cétone-semicarbazone se manifeste par une élévation de l'intensité d'absorption et un fort effet bathochrome [voir *fig.* 2, la courbe de la semicarbazone de l'éthyl-β-benzofurylcétone (3); *fig.* 3, les courbes des deux semicarbazones stéréoisomères de la méthyl-β-benzofurylcétone, F 230° (1), F 258° (2) et celle de leur isomère α (3)].

E. L'étude de l'effet spectral provoqué par la présence du groupe — C≤$(CH_3)_3$ dans la tert. but.-β-benzofurylcétimine a été particulièrement intéressante.

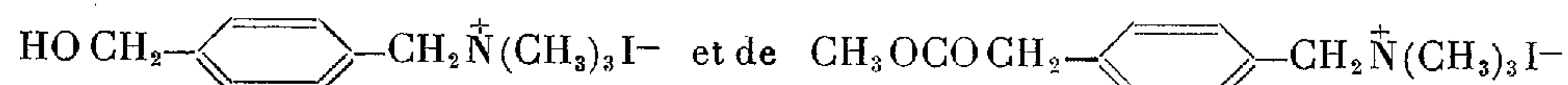
On sait que si une fonction $(CH_3)_3 \geqslant C - \dot{C} = X$ (X étant un groupe divalent $=CH_2$, $=N.OH$, ...) est fixée sur un C benzènique, α ou β pyridinique, β-benzopyrrolique, l'effet stérique de la chaîne ramifiée provoque une suppression complète du « *couplage* » entre le noyau et la fonction. Le spectre de chacune de ces molécules correspond sensiblement à celui qui résulterait de la superposition des spectres « *limites* » du noyau et de la fonction. C'est ainsi que le spectre de la tert. but.-benzopyrrylcétoxime est voisin de celui du β-méthylbenzopyrrole [voir *fig.* 4, (1) et (2)]. Le « *découplage* » se fait donc suivant le schéma (*b*).

Si l'état électronique du carbone β du benzofuranne était le même que celui du benzopyrrole, le spectre de la tert. but.-β-benzofuryl-cétimine devrait être voisin de celui du benzofuranne, le « *découplage* » se produisant entre le carbone β et la fonction selon (*b*). Or il n'en est rien. Le spectre de cette molécule est sensiblement le même que celui du dihydrobenzofuranne. Tout se passe, du point de vue spectral, comme si le « *couplage* » avait été supprimé selon (*c*).

En définitive : au point de vue structure électronique, le carbone β, dans le benzofuranne, est nettement différent à la fois du carbone α dans cette molécule et du carbone β dans le benzopyrrole.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse des iodures de para-hydroxyméthylbenzyltriméthylammonium et de para-acétoxyméthylbenzyltriméthylammonium, vinylogues respectifs de la choline et de l'acétylcholine.* Note de Mme **Micheline Charpentier-Morize** et Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Marcel Delépine.

La synthèse de



a été effectuée afin de préciser le rôle de certains facteurs structuraux dans les multiples propriétés physiologiques de l'acétylcholine et de la choline.

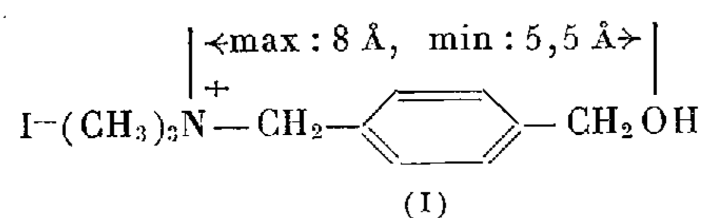
On admet aujourd'hui que les molécules d'un composé physiologiquement actif se combinent aux récepteurs cellulaires réalisant avec eux une liaison analogue à celle qui se produit entre l'enzyme et son substrat (1). Les forces de liaison intervenant dans les combinaisons de ce type sont de nature variée et peuvent être rapprochées de celles qui jouent dans les phénomènes d'adsorption (électrovalences, liaison π, liaison hydrogène, liaison entre les dipôles, etc.). Une des conséquences possibles d'une telle combinaison est la variation de la polarisation et de la perméabilité cellulaire.

(1) A. J. Clark et T. Raventos, *J. exp. Physiol.*, 26, 1937, p. 375.

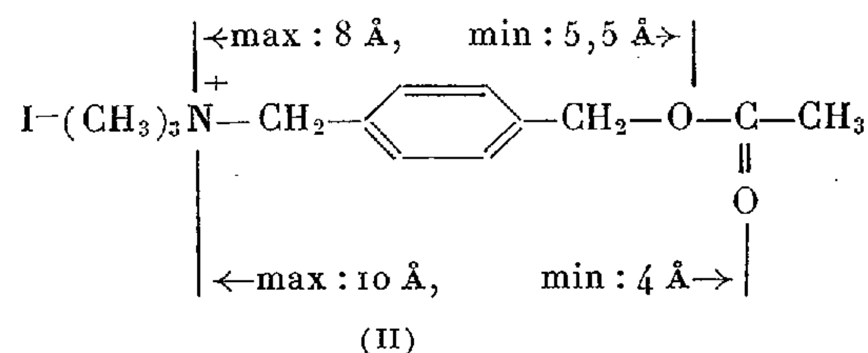
Par ailleurs, les travaux de nombreux auteurs notamment de Ing ([2]) et de Pfeiffer ([3]) laissent à supposer que la complexité et la pluralité des effets pharmacodynamiques exercés par la choline et, avec une intensité plus grande, par l'acétylcholine (effet parasympathomimétique, action sur les ganglions nerveux végétatifs, action sur les fibres musculaires striées) sont dus à l'affinité de ces composés pour un grand nombre de récepteurs biologiques.

La question qui préoccupe les pharmacologues et les chimistes est de savoir quels sont les facteurs structuraux et constitutionnels responsables de telle ou telle action pharmacodynamique de la choline et de l'acétylcholine, cette action étant elle-même conditionnée par l'affinité de ces composés pour tel ou tel autre récepteur cellulaire. La réponse à cette question, dont l'étude est poursuivie par de nombreux auteurs ([2]), ([3]), ([4]), ([5]), ([6]), ([7]), est susceptible d'ouvrir l'accès à des substances dans lesquelles les différents effets physiologiques de l'acétylcholine sont dissociés.

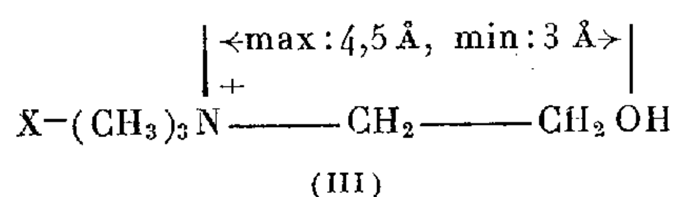
Afin de préciser quelles sont les propriétés physiologiques de l'acétylcholine et de la choline qui sont déterminées par l'interaction des deux groupements fonctionnels présents dans ces composés et quelles sont les propriétés se trouvant en liaison avec la distance qui sépare ces groupements, nous avons effectué la synthèse des composés (I) et (II), vinylogues respectifs de la choline (III) et de l'acétylcholine (IV).



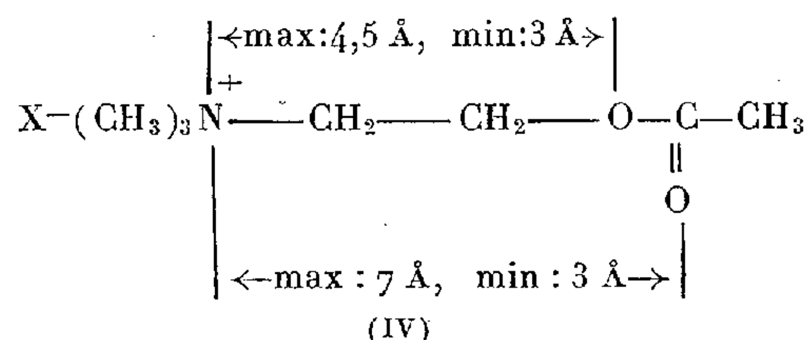
(I)



(II)



(III)



(IV)

([2]) *Trans. Farad. Soc.*, **39**, 1943, p. 372; *Science*, **109**, 1949, p. 264.

([3]) *Science*, **107**, 1948, p. 94.

([4]) M. J. Dallemagne et E. Philippot, *Arch. Intern. Pharmacodyn.*, **79**, 1949, p. 413.

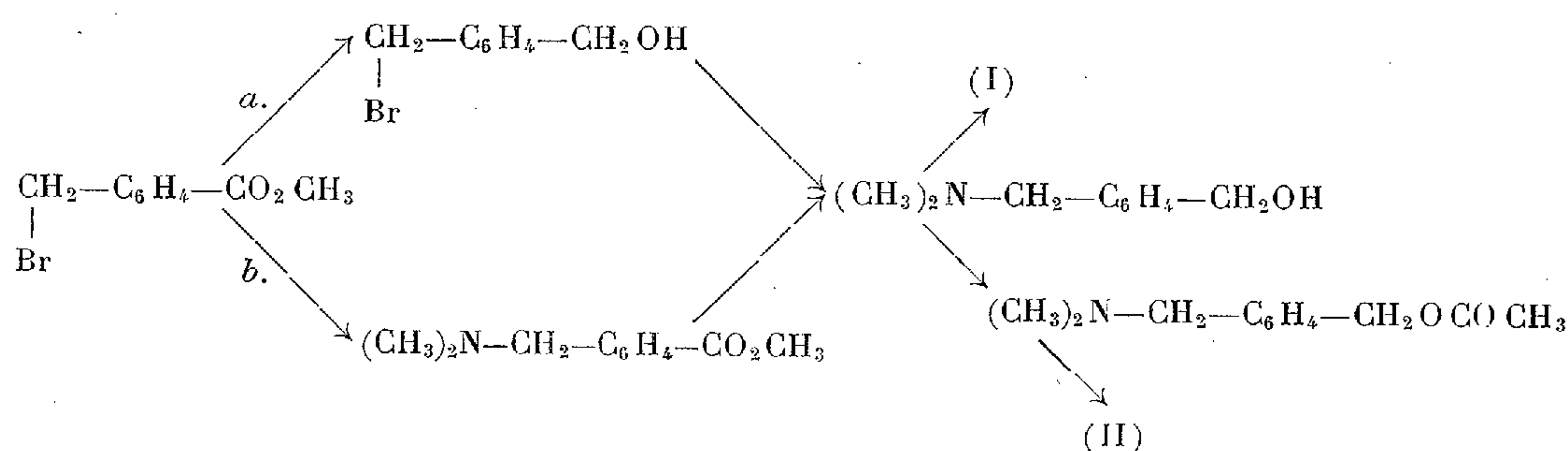
([5]) J. H. Welsh, *Amer. Sc.*, **38**, 1950, p. 239.

([6]) F. Bergel, *J. Pharm. pharmacol.*, **3**, 1951, p. 385.

([7]) I. Marszak, J.-P. Guermont, R. Epsztein et J. Jacob, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 530. Ces auteurs étudient entre autres les vinylogues acétyléniques et éthyléniques de la choline et de l'acétylcholine.

Les effets mutuels exercés par les groupements fonctionnels dans les composés (I) et (III) d'une part et les composés (II) et (IV) d'autre part, doivent être semblables bien que les distances qui les séparent ne soient pas les mêmes. Rappelons que les effets électriques exercés mutuellement par les groupements polaires d'une molécule ne sont pas perturbés par introduction d'un système de doubles liaisons conjuguées entre ces groupements, c'est là le principe même de la vinylogie ([8]).

La suite des réactions utilisées pour la synthèse des composés (I) et (II) peut être schématisée comme suit :



Partie expérimentale. — *L'alcool p-diméthylaminométhylbenzylique* (E_4 134-135°) nécessaire à la préparation des composés (I) et (II) a été obtenu de deux façon différentes :

a. Par réduction au moyen de $LiAlH_4$ du *p-diméthylaminométhylbenzoate de méthyle* (E_4 114-115°) obtenu par action de $NH(CH_3)_2$ sur le *p*-bromométhylbenzoate de méthyle ([9]) en solution benzénique à froid;

b. Par action de $NH(CH_3)_2$ en solution benzénique à froid sur l'*alcool p-bromométhylbenzylique* (F 84°) lui-même préparé par réduction sélective d'après la méthode de H. Felkin ([10]) du *p*-bromométhylbenzoate de méthyle. Cet amino-alcool est transformé d'une part par un excès de ICH_3 en solution éthérée à froid en iodure de *p-hydroxyméthylbenzyltriméthylammonium* (I) (F 145-147°), d'autre part par CH_3COCl en solution benzénique à chaud en chlorhydrate du dérivé acétylé correspondant; celui-ci, après traitement par CO_3Na_2 à 10 % puis par ICH_3 en solution éthérée donne l'*iodure de p-acétoxyméthylbenzyltriméthylammonium* (II) (F 165-166°).

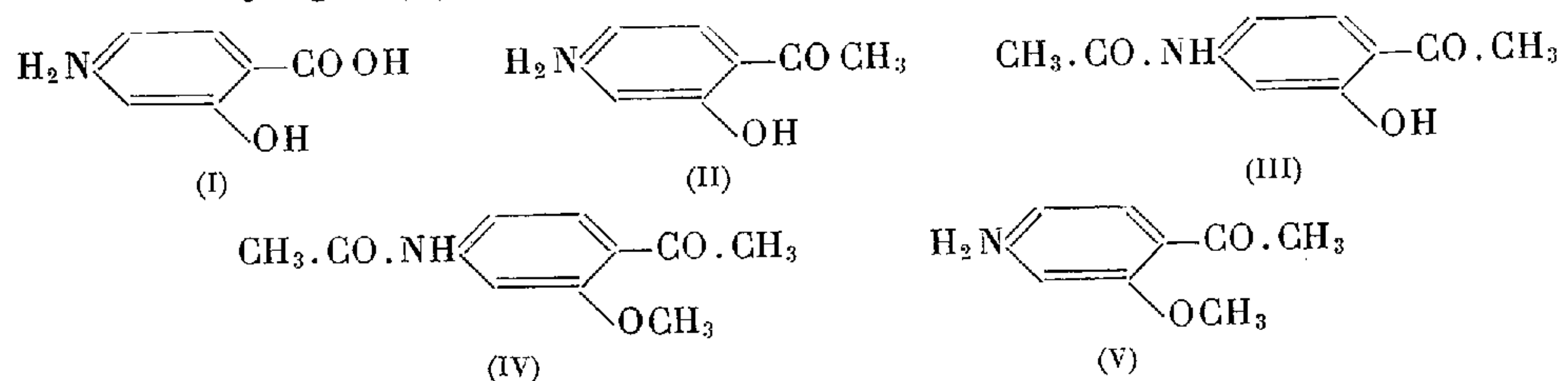
([8]) Bibliographie dans un article de C. Mentzer, *Bul. Soc. Chim. Biol.*, **30**, 1948, p. 384.

([9]) R. C. Fuson et H. G. Cooke, *J. Amer. Chem. Soc.*, **62**, 1940, p. 1180.

([10]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1316.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'amino-4 hydroxy-2 acétophénone et ses dérivés.* Note de M. **Marc Julia**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de nos recherches sur des composés susceptibles de présenter une activité inhibitrice contre le bacille tuberculeux, nous avons eu besoin de préparer l'amino-4 hydroxy-2 acétophénone (II) dont la parenté avec l'acide paraminosalicylique (I) est évidente.



Il y a quelques temps déjà, Gibson et Levin, ([1]), décrivirent l'action du chlorure d'acétyle sur le métacétamino-anisole dans le sulfure de carbone en présence d'une grande quantité de chlorure d'aluminium. Ces auteurs obtinrent un produit fondant à 91° assez difficile à isoler, auquel ils attribuèrent la structure (III). Par hydrolyse chlorhydrique ils éliminèrent le reste acétyle et attribuèrent au produit obtenu, F 122-123° la formule (II).

Ayant observé que le dichloréthane-1.2 était un meilleur solvant que le sulfure de carbone pour les ingrédients utilisés par Gibson et Levin, nous avons eu la surprise d'obtenir des résultats différents en l'employant.

Le mélange réactionnel jeté sur de la glace pilée donna immédiatement un produit cristallisé qui fut séparé d'un peu de résine noire par extraction et recristallisation dans le benzène bouillant. Nous avons obtenu avec un rendement de 50 % environ un produit blanc bien cristallisé fondant à 142°.

Ce produit est soluble dans la soude, reprécipitable par acidification et son analyse correspond à la formule (III). Par hydrolyse chlorhydrique, on obtint un corps fondant à 130° dont l'analyse s'accorde avec la formule (II).

En répétant aussi exactement que possible l'expérience des auteurs anglais nous avons obtenu une petite quantité du même produit de F 142°. Toutefois une partie du produit de la réaction n'était pas soluble dans la soude ce qui nous a fait penser que peut-être le produit décrit par Gibson et Levin n'avait pas été déméthylé pendant la réaction.

Nous avons alors soumis notre produit de F 142° en solution alcaline à l'action du sulfate de méthyle à la manière habituelle ce qui nous a donné avec un très bon rendement un produit de point de fusion 87° que nous pensons être celui de Gibson et Levin et auquel nous attribuons la structure (IV). Par hydrolyse chlorhydrique, on obtient un produit du point de fusion 121°,5 dont l'analyse s'accorde avec la structure (V).

([1]) *J. Chem. Soc. London*, 1931, p. 2401.

Une autre preuve de la structure du produit de F 142° a été obtenue en le préparant par une autre méthode. La réaction bien connue de Fries transforme les esters de phénols en hydroxy-cétones aromatiques. Si l'on soumet à l'action isomérisante du chlorure d'aluminium anhydre le dérivé diacétylé du métaminophénol, on obtient avec un bon rendement la même acétamino-4 hydroxy-2 acétophénone. L'étude de la réaction de Fries sur les esters d'aminophénols et en particulier du métaminophénol, où la position en para du groupe aminé est très réceptrice, est continuée.

Il était alors nécessaire de réexaminer l'activité antibactérienne de cette substance. En effet Erlenmeyer, Sorkin et Vögtli ([1]) ont étudié le produit de Gibson et Levin et ont trouvé une activité environ 100 fois inférieure à celle du P. A. S. Mais d'après ce qui précède cette grande différence d'activité peut être due en grande partie au blocage de la fonction phénol qui est connu pour abaisser considérablement l'activité des analogues du P. A. S. Les résultats de cette étude seront publiés ailleurs.

Enfin il était intéressant de préparer la thiosemicarbazone de l'amino-4 hydroxy-2 acétophénone et de son dérivé acétylé. En effet, on connaît depuis plusieurs années la grande activité de la thiosemicarbazone de l'aldéhyde *p*.acétaminobenzoïque et récemment Drain, Goodacre et Seymour ([2]), *voir* aussi ([3]), trouvèrent que la thiosemicarbazone de l'aldéhyde amino-4 hydroxy-2 benzoïque était encore 30 fois plus active.

La thiosemicarbazone de l'acétamino-4 hydroxy-2 acétophénone ressemble encore plus au P. A. S. par sa moitié cétonique et garde les traits marquants des thiosemicarbazones les plus actives.

Elle a été obtenue aisément et fond à 281°. Elle possède une grande activité inhibitrice sur le B. K. Les résultats détaillés de l'étude biologique seront publiés ultérieurement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de la déshalogénation argentique des méthyl-1 dihalogéno-1.2 cyclohexanes* cis *et* trans. Note de MM. **Max Mousseron**, **Robert Jacquier**, **Robert Henry** et Mlle **Magdeleine Canet**, présentée par M. Marcel Delépine.

La configuration spatiale des méthyl-1 dihalogéno-1.2 cyclohexanes, obtenus selon diverses méthodes, est déterminée par déshalogénation argentique, réalisée en milieu anhydre par l'acétate d'argent dans l'acide acétique.

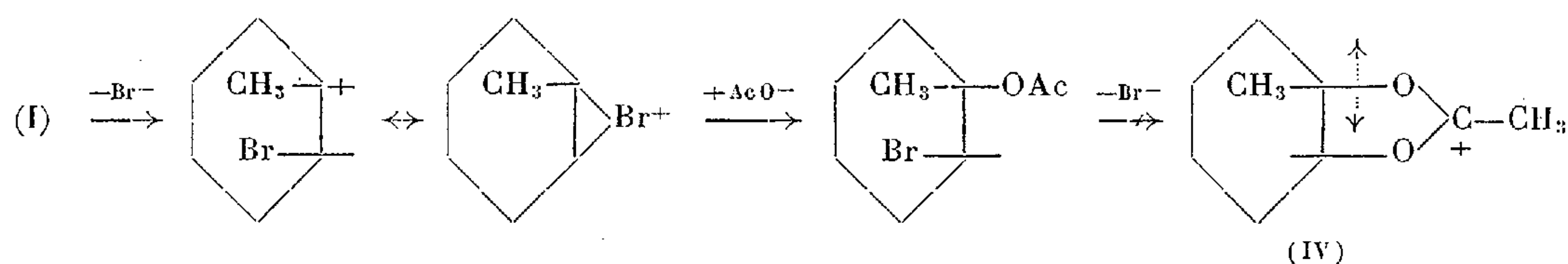
Le méthyl-1 dibromo-1.2 cyclohexane *trans* (I) (addition de Br_2 sur le méthyl-1 cyclohexène) donne principalement du méthyl-1 acétoxy-2 cyclo-

([1]) *Helv.*, 1949, p. 1275.

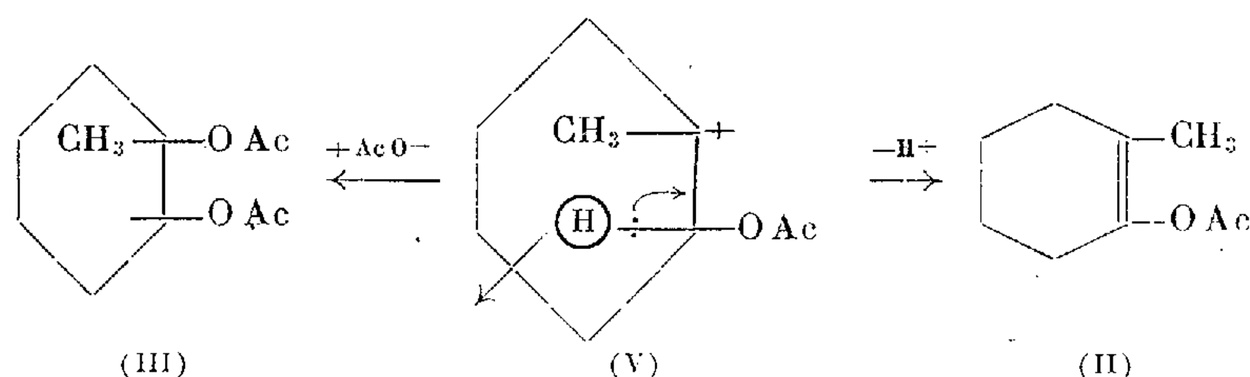
([2]) *J. Pharm. Pharmacol.*, 1, 1949, p. 784.

([3]) Katz et Hamlin, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 2801.

hexène-1 (II) É$_{20}$ 85°, d_{25}^{25} 0,985, n_D^{25} 1,4650, hydrolysé en méthyl-2 cyclohexanone, et une faible quantité d'un diacétate (III) É$_{20}$ 130°, saponifié en méthyl-1 cyclohexanediol-1.2 *cis* F 68°. Le mécanisme ci-dessous conduit à



l'ion (IV) qui, par suite de l'effet inductif du méthyle, ne peut se stabiliser par résonance entre deux structures, comme son homologue non méthylé ([1]); l'ion carbonium (V) qui en résulte donnera naissance à (II) et à (III)



(I) est également obtenu en traitant le méthyl-1 bromo-2 cyclohexanol *trans* par BrH concentré une semaine à la température ambiante ([2]). La protection apportée par le groupe voisin Br ne peut en effet conduire qu'à un dérivé de structure *cis*.

Dans les mêmes conditions, l'addition de BrH sur le méthyl-1 chloro-2 cyclohexène-1 (VI) ([3]) donne le méthyl-1 bromo-1 chloro-2 cyclohexane *trans* E$_{20}$ 90-92°, d_{25}^{25} 1,433, n_D^{25} 1,5169, également identifié par obtention de (II).

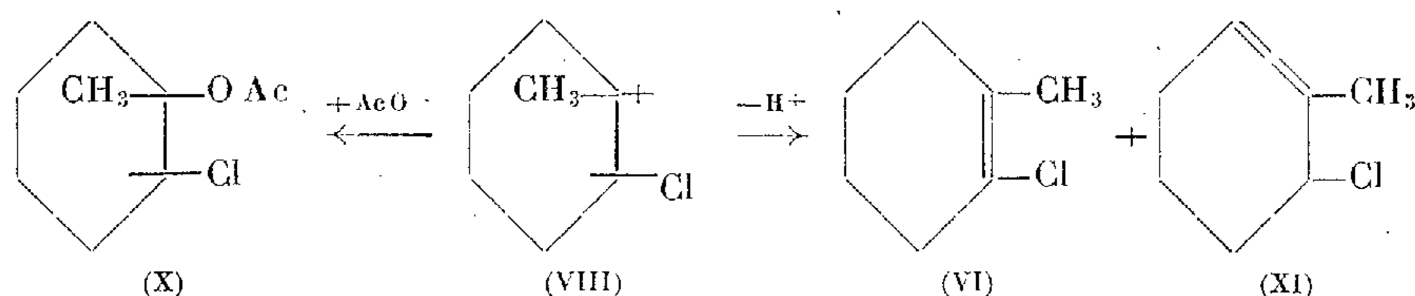
Par contre, les méthyl-1 chloro-2 cyclohexanols *cis* et *trans* conduisent tous deux avec BrH (Rdt 80-85 %) au méthyl-1 bromo-1 chloro-2 cyclohexane *cis* (VII) E$_{20}$ 92-93°, d_D^{25} 1,430, n_D^{25} 1,5172. Par suite de la non-participation du chlore voisin, il y a vraisemblablement formation à partir des halohydrines diastéréoisomères du même carbonium (VIII), à partir duquel la réaction s'oriente vers la formation d'un composé de structure *cis* [comme à partir de (V)], probablement par suite d'une protection exercée par le groupe méthyle.

([1]) WINSTEIN et BUCKLES, *J. Amer. Chem. Soc.*, **64**, 1942, p. 2780 et 2787.

([2]) WINSTEIN et LUCAS, *J. Amer. Chem. Soc.*, **61**, 1939, p. 1580.

([3]) MOUSSERON et JACQUIER, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **17**, 1950, p. 648.

La déshalogénation de (VII) donne (VI) et du méthyl-1 acétoxy-6 cyclohexène-1 (IX) E_{15} 80°, saponifié en méthyl-1 cyclohexène-1 ol-6 (phényluréthanne F 94°); on isole en outre du méthyl-1 acétoxy-1 chloro-2 cyclohexane *cis* (X) E_{25} 110°, d_{25}^{25} 1,090, n_D^{25} 1,4665, identifié par hydrolyse en l'halohydrine correspondante (par abandon à la température ambiante avec de l'alcool chlorhydrique) et déshalogénation magnésienne de celle-ci en méthyl-2 cyclohexanone ([4]). En série *cis*, le groupe voisin ne pouvant participer à la réaction de substitution, il y a formation de l'ion carbonium (VIII), à partir duquel on comprend la formation d'une part de (X) (nouvel exemple d'orientation en *cis* par suite de la protection apportée par le méthyle), et d'autre part d'un mélange de chlorocyclohexènes (VI) et (XI), ce dernier conduisant à (IX).



(X) a également été obtenu par acétylation directe du méthyl-1 chloro-2 cyclohexanol *cis*; aucune déshalogénation ne se produit par action de l'acétate d'argent.

Par contre, avec l'halohydrine *trans*, on obtient, à côté d'une faible quantité de (II), un diacétate E_{20} 130-132° hydrolysé en méthyl-1 cyclohexanediol-1.2 *trans* F 84°, dibenzoate F 102° ([5]).

L'addition de BrH sur le méthyl-1 bromo-6 cyclohexène-1 ([6]) conduit au méthyl-1 dibromo-1.2 cyclohexane *cis* E_{20} 105°, également identifié par déshalogénation argentique.

L'action de l'iododichlorobenzène sur le méthyl-1 cyclohexène en milieu chloroformique anhydre ([7]), ([8]) donne un mélange inséparable par distillation d'iodobenzène et de méthyl-1 dichloro-1.2 cyclohexane, dont la structure *trans* est démontrée par déshalogénation argentique en (II). Avec le dihydro-1.4 naphtalène, on isole le même dichloro-2.3 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène *trans* F 84-85° que celui résultant de l'addition du chlore ([9]).

([4]) TIFFENEAU, Mlle TCHOUBAR, et Mlle LE TELLIER, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 856.

([5]) VERKADE, COOPS, Mme VERKADE et MAAN, *Ann. Chem.*, **477**, 1930, p. 293.

([6]) MOUSSERON et JACQUIER, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **18**, 1951, p. 106.

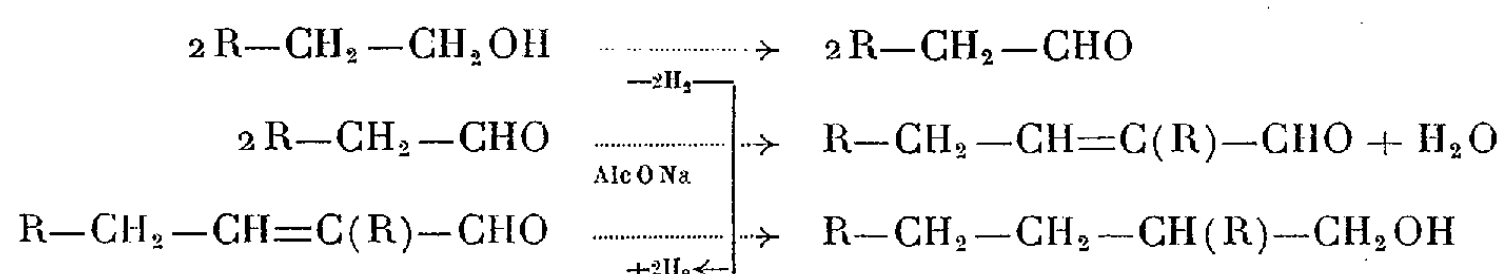
([7]) GARVEY, HALLEY, et ALLEN, *J. Amer. Chem. Soc.*, **59**, 1937, p. 1827.

([8]) BARTON et MILLER, *J. Amer. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 370.

([9]) WASER, *Ber. deutsch. Chem. Ges.*, **49**, 1916, p. 1207.

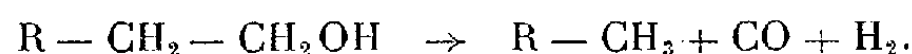
CHIMIE ORGANIQUE. — *Mécanisme de la réaction de polycondensation des alcools selon Guerbet.* Note de M. **Jean Bolle**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Dans une précédente Note [1] on a montré que la réaction de Guerbet représentée généralement de la manière suivante



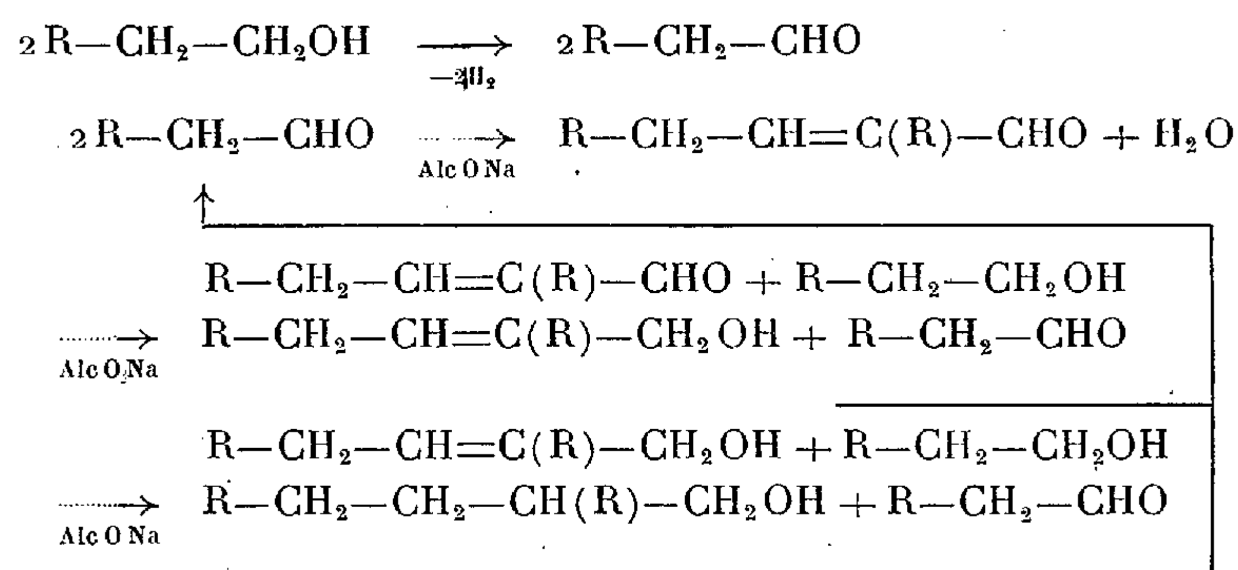
pouvait être réalisée à des températures relativement basses et à pression ordinaire en utilisant le Nickel Raney comme catalyseur de déshydrogénation, l'alcoolate de sodium comme agent de condensation et la chaux vive comme déshydratant du mélange en réaction. La réaction n'est pas limitée à la production d'un alcool à nombre de carbone double, mais il se forme des alcools plus condensés, par triplement, etc.

On a constaté qu'il se dégageait au cours de la réaction une quantité importante d'hydrogène, souillé de petites quantités d'hydrocarbures correspondants à la coupure [2]



La quantité d'hydrogène produit est de l'ordre de grandeur de celle devant résulter théoriquement de la déshydrogénation au cours de la réaction.

Pour expliquer la formation d'alcools de condensation saturés, on admet le mécanisme d'échange fonctionnel suivant :



---

[1] J. Bolle et Bourgeois, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1466.

[2] Sabatier et Senderens, *Ann. Chim. Phys.*, 4, 1905, p. 471.

La première réaction d'échange fonctionnelle est classique; la deuxième peut s'interpréter en considérant l'alcool éthylénique comme tautomère de l'aldéhyde $R-CH_2-CH_2-CH(R)-CHO$; on sait par ailleurs que la réduction de Bouveault et Blanc, effectuée avec l'ester d'un acide $\alpha.\beta$-éthylénique, fournit l'alcool saturé correspondant.

L'alcool de doublement peut à son tour subir la déshydrogénation, ou l'échange fonctionnel, et l'aldéhyde obtenu, se condenser avec l'aldéhyde $R-CH_2-CHO$. Le produit de condensation alors formé est l'alcool de triplement $R-CH_2-CH_2-CH(R)-CH_2-CH(R)-CH_2OH$. La réaction, restituant toujours de l'aldéhyde, peut se poursuivre jusqu'aux produits de condensation les plus élevés.

En pratique la polycondensation est rapidement limitée par la fatigue du catalyseur, la présence d'une quantité limitée de chaux et la formation d'acides au dépens des aldéhydes par la réaction .



$$2R-CH_2-CHO \rightarrow R-CH_2-COOCH_2-CH_2R.$$

La démonstration du mécanisme proposé peut être faite en supprimant le catalyseur de deshydrogénation et en introduisant l'aldéhyde dans le mélange réactionnel.

L'expérience suivante a été faite en utilisant l'alcool butylique normal et l'aldéhyde éthyl-2 hexylique, l'aldéhyde butylique pouvant donner lieu à des pertes sensibles par volatilité :

Dans un ballon de 1 l on place 400 g d'alcool butylique normal dans lequel on dissout 23 g de sodium. On ajoute 90 g de chaux vive et l'on chauffe à léger reflux. On introduit en 1 h, 40 g d'aldéhyde éthyl-2 hexylique. Après 20 h de chauffage le mélange est traité de manière à séparer les alcools et les acides pouvant résulter de la réaction.

On a obtenu après distillation : 72 g d'éthyl-2 hexanol E_{760} 181-183°, 3 g de fraction alcoolique plus lourde non identifiée.

Par distillation et titration on a caractérisé : 8,7 g d'acide butyrique, 2 g d'acide plus condensé (probablement éthyl-2 hexanoïque).

Ces résultats démontrent que les réactions d'échanges fonctionnels se sont effectuées selon le mécanisme proposé, l'aldéhyde éthyl-2 hexylique fournissant de l'aldéhyde butylique qui subit la condensation aboutissant à l'éthyl-2 hexanol; les quantités d'acides formés correspondent sensiblement à l'arrêt de la réaction par disparition des aldéhydes. Enfin il faut remarquer que la condensation supérieure conduisant à l'alcool de triplement est notablement moins rapide que la réaction de formation de l'alcool de doublement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La basicité des alcoylanilines : influence de groupements méthyle en α et en β par rapport à l'azote.* Note de Mlle **Gisèle Vexlearschi** et M. **Paul Rumpf**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'étude systématique de la ramification de la chaîne montre le caractère progressif de l'augmentation de basicité sous l'influence de méthyles en α. « L'effet β » est une diminution de basicité, également progressive, observée tant dans la série aliphatique que dans la série aromatique, pour des amines tertiaires, secondaires et même primaires.

Nous avions constaté, dans nos recherches antérieures, qu'une ramification en α n'a qu'un très faible effet sur la basicité des amines aliphatiques [1], alors qu'elle entraîne une très nette augmentation de basicité des amines aromatiques : un exemple simple est fourni par la *t*-butylaniline [2] et nous avons rattaché ce fait à l'empêchement stérique de mésomérie.

Afin de confirmer cette hypothèse, nous avons étudié une série d'amines de plus en plus substituées sur le carbone en α. On constate que le pK_H augmente progressivement avec l'encombrement : méthylaniline 4,85 à 25° [3], éthylaniline 5,11 à 25° [3], *i*-propylaniline 5,77 à 25°, *t*-butylaniline 7,10 à 19° [2] ou environ 7,0 à 25°. Cet effet se manifeste encore plus nettement sur les amines tertiaires : diméthylaniline 5,06 à 25° [3], diéthylaniline 6,56 à 25° [3], di-*i*-propylaniline 7,45 à 19° ou environ 7,35 à 25°, méthyl-*t*-butylaniline 7,25 à 31° [2] ou environ 7,35 à 25°.

On remarquera que, dans bien des cas, l'encombrement n'est pas suffisant pour exclure une configuration sensiblement coplanaire, permettant la conjugaison de l'azote avec le cycle, mais plus les radicaux fixés à l'azote portent de méthyles en α, moins nombreuses sont les orientations compatibles avec une telle configuration stérique, parmi toutes celles que peuvent prendre les substituants par rotation autour de la liaison carbone-azote; l'agitation thermique provoque alors des chocs de plus en plus fréquents entre les substituants et les hydrogènes ou *ortho*, chocs qui tendent à éjecter les liaisons de l'azote hors du plan du noyau, ce qui a pour effet de rendre moins probables des configurations proches de la coplanéité et, par conséquent, de s'opposer à la conjugaison responsable de la faible basicité des amines aromatiques. Cette interprétation explique pourquoi la forte augmentation de basicité n'a lieu qu'en série aromatique et croît si progressivement.

Nous avons également étudié l'effet d'un encombrement sur le carbone

(1) G. Vexlearschi, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1655.
(2) G. Vexlearschi et P. Rumpf, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1152.
(3) N. F. Hall et M. R. Sprinkle, *J. Amer. Chem. Soc.*, **54**, 1932, p. 3469-3485.
(4) G. Thomson, *J. Chem. Soc., Lond.*, 1946, p. 1113-1116.

en position β, et nous avons constaté, par contre, une diminution progressive du pK_H, comme le montrent les résultats suivants : éthylaniline 5,11, *n*-propylaniline 5,02 à 25° [3], *i*-butylaniline 4,51 à 19° ou environ 4,42 à 25°, *néo*-pentylaniline 4,26 à 18° ou environ 4,16 à 25°. De même, diéthylaniline 6,56, di-*n*-propylaniline 5,59 à 25° [3], di-*i*-butylaniline 4,05 à 18° dans l'alcool à 50 %, ce qui ferait approximativement 5,0 dans l'eau à 25°. Et aussi *t*-butylaniline 7,0, *t*-amylaniline 6,76 à 25°, *t*-hexylaniline 6,30 à 30° [2] ou environ 6,37 à 25°.

Cette diminution, dont nous avions déjà signalé plusieurs exemples [1] [2], avait été interprétée par l'effet de contrainte stérique de Brown [2]. Mais cet effet peut être évoqué seulement pour des amines tertiaires ou au moins secondaires, alors que nous constatons également des diminutions de basicité pour des amines primaires comme l'*ortho*-toluidine 4,42 [3] et la *méta*-xylidine vicinale 3,42 dans l'alcool à 50 % [4] ou approximativement 3,9 dans l'eau [*cf.* aniline 4,58 et *para*-toluidine 5,11 [3]]; or, l'hyperconjugaison du méthyle avec le cycle augmente la densité électronique et gêne la conjugaison de l'azote en *ortho* et en *para*; le méthyle devrait, par suite, augmenter la basicité de l'*ortho*-toluidine comme celle de l'isomère *para*, si un autre effet n'intervenait pas.

En série aliphatique, on observe une diminution de basicité comparable, quoique moins prononcée : éthylamine 10,67, propylamine 10,58, *i*-butylamine 10,42 à 25° [3], néopentylamine 10,58 à 16° [1] ou environ 10,38 à 25°.

On peut se demander si cette influence des méthyles en β résulte d'une action électrostatique diminuant la stabilité de l'ion par rapport à celle de l'amine, ou d'une sorte de « masquage » de l'azote, purement stérique, agissant davantage sur la probabilité d'ionisation que sur le processus inverse. Lorsque le méthyle est directement lié à un noyau aromatique, l'effet inductif du carbone non saturé sur lequel il est fixé et l'hyperconjugaison avec le noyau diminuent la densité électronique autour des hydrogènes; on peut donc s'attendre à une répulsion électrostatique accentuée vis-à-vis de l'ion H^+ : la faible basicité observée rend plausible notre première hypothèse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Une nouvelle synthèse de la chloromycétine.* Note de MM. **Albert Funke** et **Pierre Kornmann**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

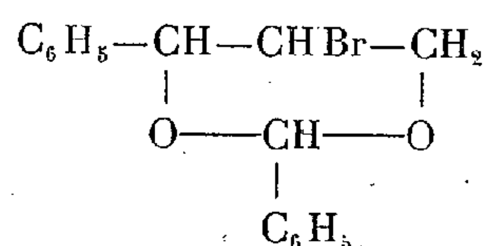
En engageant les oxhydryles du phényl-1 bromo-2 propanediol-1.3 dans un hétérocycle tel qu'un acétal, les auteurs obtiennent après action de l'ammoniac et hydrolyse, le phényl-1 amino-2 propanediol-1.3 sous sa forme Threo. A partir de ce corps, on obtient la chloromycétine racémique qui en est le dérivé paranitré et N-dichloracétylé.

Les synthèses de la chloromycétine et du phényl-1-amino-2-propanediol-1.3,

intermédiaire important de sa préparation, ont été jusqu'à maintenant abordées par deux voies différentes. La première ([1]), ([2]), ([3]) consistait à édifier par étapes successives le squelette carboné de la molécule tout en y greffant les fonctions adjacentes, la deuxième ([4]) à synthétiser la phénylsérine que l'on réduisait ensuite en phénylsérinol. Il nous a semblé intéressant de partir d'une substance possédant le squelette carboné de la chloromycétine tout en opérant de manière à éviter une réduction.

Pour cela, nous nous sommes adressé au phényl-1-bromo-2-propanediol-1.3 ([5]). On sait que l'action de l'ammoniaque ([1]) ou de certaines amines ([5]) sur ce corps ou sur le dérivé iodé correspondant conduit à des aminoglycols dont la fonction amine est en position 1. Nous avons pensé obtenir des amino-2-diols-1.3 en engageant les oxhydryles 1 et 3 dans un hétérocycle tel qu'un acétal cyclique.

Ainsi, avec l'aldéhyde benzoïque employé en excès en présence de chlorure de zinc, on obtient le bromobenzal de formule



fondant à 82° aprés recristallisation dans l'alcool.

Analyse : $C_{16}H_{15}O_2Br$, calculé % C 60,30; H 4,71; Br 25,08; trouvé % C 60,51; H 4,59; Br 25,40.

La solution benzénique de ce bromobenzal, réagissant à chaud dans un autoclave avec de l'ammoniac liquide, donne naissance à l'aminobenzal correspondant.

Celui-ci, sans être isolé, est transformé après évaporation du solvant en chlorhydrate de phényl-1-amino-2-propanediol-1-3 par ébullition avec de l'acide chlorhydrique 3N. La base libre, qui appartient à la série Threo est caractérisée par son point de fusion (F 86°) et ceux de ses dérivés mono, di et triacétylés fondant respectivement à 136-137°, 167° et 80°.

Elle est triacétylée, nitrée et désacétylée selon la technique habituelle ([1]). Par action du dichloracétate de méthyle, on obtient la chloromycétine racémique (F 149°) dont l'activité bactériostatique, contrôlée *in vitro* sur *staphylococcus albus*, souche Londres, est égale à la moitié de celle de la chloromycétine naturelle.

([1]) Controulis et coll., *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2463.
([2]) Long et Troutman, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2469.
([3]) Long et Troutman, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2473.
([4]) Carrara et Weitnauer, *Gazz. chim. Italiana*, 79, 1949, p. 856.
([5]) Tsou et Cromwell, *J. Org. Chem.*, 15, (6), 1950, p. 1292.

MINÉRALOGIE. — *Extraction et étude de quelques phyllites des minerais de fer sédimentaires.* Note de Mlle **Simonne Caillère**, MM. **Stéphane Hénin** et **Jacques Esquevin**, transmise par M. Charles Mauguin.

Dans une étude antérieure (1), nous avions examiné un certain nombre de phyllites des minerais de fer sédimentaires. Nous avions pu identifier la présence de chlorites, d'antigorite ferrifère (berthiérine) et de mica. Cependant, la méthode d'extraction utilisée n'avait fourni que des produits très impurs.

Une étude plus poussée de ces substances nécessitait l'emploi d'une meilleure technique de séparation. Après une série d'essais, nous sommes arrivés au procédé suivant :

Le minerai broyé est passé au travers du tamis n° 60. La poudre ainsi obtenue est ensuite placée dans la case centrale d'un électrodialyseur à compartiments superposés. En appliquant un champ de 20 V : cm, on obtient tout d'abord un déplacement du calcium provenant probablement du carbonate contenu dans l'échantillon. Celui-ci précipite d'ailleurs sous forme de calcite dans le compartiment cathodique. Après une durée de quelques jours, variable d'ailleurs avec le minerai, on observe souvent une migration intense d'hydroxyde de fer qui se dépose sur la membrane, ou même la traverse et se rassemble dans le compartiment cathodique. On prolonge durant 3 ou 4 jours cette étape du traitement. Après arrêt de l'électrodialyse, l'échantillon présente deux phases distinctes, l'une rouge colloïdale, et l'autre de couleur foncée, constituée principalement par des fragments d'oolithes. On recueille la totalité et l'on sèche à 105°.

La matière est ensuite portée à l'ébullition pendant 30 mn. Par lévigation des éléments, on sépare la majeure partie des hydroxydes colloïdaux les fines particules de carbonate et les phyllites contenues dans le ciment du minerai qui se trouvent ainsi éliminés. Il reste au fond du récipient des fragments d'oolithes et de minéraux associés.

On malaxe la pâte dans un mortier de verre avec un pilon, mais sans appuyer. Par lavage à l'eau, les produits les plus fins passent en suspension et sont ainsi aisément séparés par décantation. On pousse l'extraction jusqu'à la disparition des fragments d'oolithes. Le résidu est alors formé de quartz, sidérose et hydroxyde de fer cristallisé. Il est bon de vérifier au microscope la pureté des produits extraits.

Les suspensions fines obtenues par malaxage sont purifiées par deux décantations successives de 24 h sous 15 cm. Finalement les particules

(1) J. Orcel, S. Hénin et S. Caillère, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 134.

fines sont recueillies par dessiccation au bain-marie. Le principe même de ce procédé montre qu'au moins pour un certain nombre de minerais, les phyllites sont, pour une part importante, localisées dans les oolithes.

L'étude de ces silicates, tant par l'analyse thermique que par l'examen aux rayons X montre que les minéraux recueillis sont relativement purs. Ils sont parfois associés à des hydroxydes de fer dont on les débarrasse assez facilement par traitement à l'hydrosulfite de sodium ([2]). Cependant une purification très sensible ne peut être obtenue qu'à condition de broyer le moins possible les cristaux, et d'autre part de rejeter les toutes premières et les dernières décantations. Évidemment, dans ces conditions, la quantité de phyllite obtenue est faible, de l'ordre de 1 à 2 %.

Cette technique a été appliquée aux minerais de la couche verte d'Angeviller, de Moulaine et d'Auboué. La phyllite extraite du premier minerai appartient à la famille des montmorillonites. Quant à celle d'Auboué, elle donne un diagramme de chlorite. Cependant imprégnée de glycérol, elle montre le gonflement typique des montmorillonites et, chauffée à 500°, elle donne un diagramme dont la raie à 14 Å se transforme en halo s'étendant de 10 à 14 Å. Il s'agit donc d'une chlorite « gonflante », peut-être associée à de la montmorillonite. Rappelons qu'un tel minéral avait été obtenu au Laboratoire par précipitation de divers hydroxydes au contact d'une montmorillonite de Camp Bertaux (Maroc) ([3]) puis découvert dans une marne par I. Stephens et D. M. C. Mac Ewan ([4]).

Quant au minerai de la couche verte de Moulaine, il contient de la sidérose, en particules si fines, qu'il n'a pas été possible d'en débarrasser complètement la phyllite. La pureté du produit extrait était cependant suffisante pour distinguer nettement le diagramme du silicate. C'est un type intermédiaire entre les minéraux d'Auboué et d'Angeviller, car si le produit donne un diagramme normal de chlorite, après chauffage, le halo remplaçant la raie à 14 Å est moins étalée vers le centre que dans le cas du minerai d'Auboué. Il n'est toutefois pas possible de savoir s'il s'agit d'une chlorite moins bien formée que celle d'Auboué, ou si la proportion de montmorillonite est plus grande que dans ce minerai.

Ces résultats montrent que les silicates hydratés associés aux minerais de fer sédimentaires ne sont pas uniquement des chlorites, mais peuvent appartenir à divers types de minéraux. Cependant il est possible que dans un bassin donné prédomine un type de phyllite.

([2]) B. C. Debb, *J. Soil Sciences*, 1, n° 2, 1950, p. 212.

([3]) S. Caillère et S. Hénin, *Miner. Mag.*, 28, 1949, p. 612-620.

([4]) *Clay Miner. Bull.*, 1, 1949, n° 5, p. 157-162.

MINÉRALOGIE. — *Observations préliminaires sur la présence d'un vanadate d'urane dans les gisements de phosphates du Maroc.* Note de MM. **Camille Arambourg** et **Jean Orcel** (¹), présentée par M. Paul Fallot.

Au cours d'études paléontologiques dans les gisements de phosphates du Maroc en 1934-1935, l'un de nous (C. Arambourg) eut l'occasion d'observer en divers points la présence, sous forme d'imprégnations ou de remplissage de fissures dans les bancs calcaires ou siliceux des formations phosphatées, d'un minéral jaune verdâtre, évoquant immédiatement l'idée d'un sel possible d'uranium.

Les premières observations furent faites dans le bassin des Ouled Abdoun dans la région d'El Borrouj où presque toutes les galeries de recherches recoupaient des surfaces de fissuration imprégnées de la teinte caractéristique. Par la suite, la présence du minéral se révéla à peu près générale dans tous les autres points du bassin. L'année suivante (1935) les mêmes observations purent être faites; dans le bassin des Ganntour, au Sud de l'Oum-er-R'bia. Là, au lieudit Chabet Hallouf près du centre de Louis Gentil, la substance se présente en quantités assez notables dans les fissures de bancs de silex.

La dispersion des points où la substance a été observée, toujours dans les mêmes conditions que celles indiquées ci-dessus, semble indiquer que sa présence est générale dans l'ensemble des bassins phosphatés du Maroc aussi bien au Nord qu'au Sud de l'Oum-er-R'bia.

Ce minéral est essentiellement un vanadate d'urane du type tiujamunite, carnotite, ou ferghanite, mais son étude minéralogique (J. Orcel) n'a pu encore aboutir à une détermination précise de l'espèce parce qu'il a été jusqu'à présent impossible de l'isoler assez complètement de sa gangue pour en effectuer une analyse quantitative. Il serait nécessaire de procéder aux séparations sur une plus grande quantité des roches qui le renferment.

Toutefois, il est certain que le vanadium y est combiné à une proportion d'uranium comparable à celle contenue dans les espèces qui viennent d'être citées. Il impressionne la plaque photographique à peu près avec la même vigueur que la tiujamunite, la carnotite et l'autunite.

L'analyse spectrale (spectre d'arc) a mis en évidence des éléments suivants :

en grande quantité : Va;

en proportions notables : Si, Ca, Al, Ba, Mg, P, Sr, Na;

en faibles quantités ou en traces : Fe, Cr, Mn, Ni.

On ne distingue aucune raie de l'uranium, mais on sait que cet élément est

(¹) Document retiré du pli cacheté n° 12100, déposé le 24 septembre 1945, ouvert à la demande des auteurs le 3 décembre 1951.

peu sensible à l'analyse spectrale, et que ses raies n'apparaissent que pour des teneurs très fortes, supérieures à 80 %.

A noter l'absence des raies de potassium. Le minéral n'est donc pas de la carnotite. Les raies du phosphore et du silicium sont dues à la gangue siliceuse et phosphatée ; quant aux autres raies, elles peuvent provenir en partie du minéral, en partie de la gangue.

Au microscope, ce minéral paraît former des agrégats cryptocristallins de petites paillettes jaune d'or, fortement réfringentes et biréfringentes, dont les dimensions dépassent rarement 10 μ.

Elles sont solubles dans les acides nitrique et chlorhydrique. La solution, agitée avec de l'eau oxygénée et de l'éther se colore en rouge intense, réaction qui caractérise le vanadium.

D'autre part, la solution résultant de l'attaque par l'acide nitrique, évaporée à sec, laisse un résidu qui, repris par l'eau, fournit une liqueur colorant en rouge brun un papier imprégné d'une solution de ferrocyanure de potassium, réaction qui caractérise l'uranium.

Le mode de formation de ce minéral est encore problématique ; cependant, étant donné qu'il remplit toujours des fissures, il est vraisemblable d'admettre qu'il résulte d'un transport par dissolution, de sels d'urane appartenant à un gîte plus profond, toujours d'origine sédimentaire, peut-être analogue à ceux du Colorado et de l'Utah.

GÉOLOGIE. — *Sur le métamorphisme régional du Paléozoique dans l'anticlinal de Lanvaux, en Armorique méridionale, et sur l'âge du granite de Lanvaux* (1). Note de M. **André Demay**, transmise par M. Emmanuel de Margerie.

a. Au point de vue stratigraphique, j'adopte, pour les grès de Bains et pour le poudingue du Dreneux, les conclusions de Mlle Faure-Muret et celles de M. Pierre Pruvost (1). Le poudingue du Dreneux, à petits galets de quartz semble bien être l'équivalent des poudingues, assimilés à celui de Montfort, qui, au Nord de l'anticlinal de Lanvaux, forment souvent la base du Potsdamien et surmontent le Briovérien à poudingues de Gourin, considéré par M. P. Pruvost, comme cambrien plus ancien. Les galets de schiste séricíteux (A. Faure-Muret) sont absents ou rares et, à mon sens, d'origine lointaine. J'ai d'ailleurs observé un microgalet de ce type dans la série inférieure.

En aucun point, je n'ai observé, entre les grès de Bains et la série briovérienne sous-jacente, une discordance ou une discontinuité. Même lorsqu'il

---

(1) A. Demay, *C. R. Congrès géol. int.*, Londres, 1948 (en impression) ; *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2239 ; A. Faure-Muret, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, **14**, 1944, p. 280 ; P. Pruvost, *Ann. Héb. et Haug*, **7**, 1949, p. 345.

existe un poudingue entre les deux termes, rien ne prouve une discontinuité, autre que la discontinuité lithologique habituelle à la base des poudingues intraformationnels. Mais le contact exact n'est pas visible. J'attribue ainsi, avec quelque réserve, à la série inférieure un âge acadien ou, pour une part, géorgien, tandis que les grès de Bains représentent probablement le Potsdamien et l'Ordovicien inférieur.

b. J'ai constaté que ce *Paléozoïque a été affecté par un métamorphisme régional*, qu'il est souvent difficile de distinguer du métamorphisme de contact dû au granite de Lanvaux et qui est sans doute en partie lié à sa mise en place. Le degré est, soit celui de schistes ou grès à séricite et biotite abondante, mais en fines lamelles, visibles seulement au microscope, soit celui de schistes ou grès, riches en séricite. C'est seulement à l'Ouest, à partir de Baud, qu'il y a *passage à de véritables micaschistes*, où la biotite reste encore microscopique.

A l'Est, à hauteur de Redon, le métamorphisme atteint seulement la série inférieure, le poudingue du Dreneux et, au-dessus de lui, une partie des grès de Bains (Potsdamien).

A Beauro (Pl. 213) et à la Garenne du Dreneux (Pl. 472 à 475), le *poudingue est riche en biotite* de métamorphisme. Près de la Grée de Savigny (Pl. 477), le poudingue ne contient que de la séricite; mais à quelques dizaines de mètres, un schiste grèseux contient de la biotite (Pl. 476). La série inférieure présente elle-même ici, soit des faciès séricíteux pauvres en biotite, soit des faciès à biotite abondante. En sens inverse, dans une zone assez haute des grès de Bains, mais un peu plus à l'Ouest, j'ai observé de la biotite fine, mais abondante, au Nord-Ouest de Glénac (Pl. 218), à 1200 m du granite de Lanvaux et 7 km du massif de granulite le plus proche.

A hauteur de Sérent, le métamorphisme affecte aussi bien les grès de Bains que la série métamorphisée par le granite, peut-être encore potsdamienne et postérieure au poudingue du Dreneux, qui n'est pas connu ici. Plus à l'Ouest, au village de Callac, j'ai observé dans des grès fibreux typiques de la série de Bains, ici nettement arkosiques, de la séricite de métamorphisme abondant, et un peu de fine biotite (Pl. 389). Au Sud-Ouest de Locminé, les schistes carburés, attribués par tous les auteurs au Gothlandien, sont transformés en schistes séricíteux (Pl. 391), à 600 m du granite et 1200 m des granulites. Il en est de même près de Baud. Il existe ici une bande de quartzites blancs, assez puissants, exploités en carrière, qui sont considérés comme l'équivalent des grès gothlandiens et qui pourraient être, quoique de manière moins probable, du grès armoricain. *Une intercalation schisteuse dans les quartzites est un micaschiste à muscovite et biotite microscopique abondante* (Pl. 480). D'autres plaques prouvent la continuité de ce métamorphisme avec celui des micaschistes

notés x sur les cartes au 80 000e et au 320 000e. *Le métamorphisme régional atteint ici certainement l'Ordovicien et probablement le Gothlandien.*

c. J'ai observé de manière précise le *métamorphisme de contact, au contact même du granite de Lanvaux,* dans cette série paléozoïque métamorphique : gneiss de contact à biotite ou leptynolites, grès et schistes feldspathisés, plus rarement schistes tachetés (la Chénais au Sud-Est de Bains, le Gorais, Sud de Sérent, Sud de Callac, Sud de Moustoirac, Sud de Baud). A Beauro, le granite atteint le poudingue du Dreneux, qui est riche en biotite; mais il n'est pas possible de distinguer le métamorphisme régional et le métamorphisme de contact, celui-ci très probable cependant; car à 50 m vers le Sud, la biotite devient très rare. On peut noter que la biotite, en fines lamelles moulant les grains ou galets, se présente sous le même aspect dans des grès feldspathisés, au Sud de Sérent, près du granite.

La continuité stratigraphique et celle du métamorphisme dans toute cette série paléozoïque montrent qu'il est impossible d'envisager une série inférieure, métamorphisée par le granite avant l'Acadien, et une série supérieure transgressive, non métamorphique.

De plus, dans la région de Baud, le granite métamorphise des schistes qui sont, soit ordoviciens, soit, de manière plus probable, gothlandiens. Entre le tunnel et la gare de Baud et la route de Baud à Camors, j'ai observé des schistes carburés ordoviciens ou plus vraisemblablement gothlandiens, parfois peu métamorphiques, puis des schistes carburés, avec une proportion croissante de biotite, enfin un gneiss de contact riche en biotite, au contact du granite. Ici le métamorphisme de contact se sépare nettement du métamorphisme régional.

On peut conclure, de manière presque certaine, que le granite de Lanvaux est un granite hercynien, en partie antétectonique, en partie syntectonique, par rapport à la phase orogénique essentielle, plus ancien que les granulites et que beaucoup des granites armoricains, mais peut-être de même âge que les granites et migmatites syntectoniques évoqués dans ma Note de 1951 (*loc. cit.*).

GÉOLOGIE. — *Vestiges de Vertébrés dans les alluvions récentes de l'île Chevire, près de Nantes.* Note de M. **René Abrard**, présentée par M. Paul Fallot.

Des sondages effectués pour la construction d'une centrale électrique dans l'île Chevire, à l'aval de Nantes, ont été suivis par M. A. Allemand, ingénieur en Chef à l'Électricité de France, qui m'a remis les échantillons recueillis sur place.

Les alluvions récentes de la Loire y sont principalement constituées par des sables quartzeux jaune foncé, alternant plus ou moins régulièrement avec des couches d'argiles limoneuses noirâtres de 0,30 à 0,50 m d'épaisseur.

Un sondage situé à peu près sous l'i de « Chevire » sur la carte d'État-Major au 80 000e, à la cote + 6, a rencontré les gneiss leptynitiques à 7 m de profondeur, soit à la cote — 1,00. A 4 m au-dessous du sol (cote + 2,00), il a fourni des restes de Vertébrés très fossilisés, présentant une patine noire et brune. Ce sont (1) :

Equus caballus L., une première molaire supérieure gauche;

Bos taurus L., ou espèce très voisine, de petite taille, une première molaire supérieure droite;

Partie proximale d'un métatarse droit de Ruminant, probablement d'un petit Bovidé. La surface articulaire paraît avoir été intentionnellement usée et percée.

Une fouille exécutée à une cinquantaine de mètres de ce sondage, à 190 m de la berge de la Loire à peu près, a traversé 11 m d'alluvions récentes avant d'atteindre les gneiss leptynitiques à la cote — 5 environ. A 5 m de profondeur ont été rencontrés des pieux paraissant correspondre à des pilotis.

Ces vestiges holocènes paraissent pouvoir être attribués au début de la période des métaux, sans qu'il soit possible de préciser. Ils sont peut-être à peu près contemporains de ceux de la couche de — 7 m du bassin de Penhoët et plus anciens que ceux rencontrés à 3 ou 4 m de profondeur dans les vases de Nantes, dont G. Denizot (2) a donné la bibliographie.

GÉOLOGIE. — *Découverte en Algérie, dans la Chaîne numidique, du Lias à Rhynchonellines.* Note (*) de MM. **Gonzague Dubar** et **Michel Durand Delga**, présentée par M. Paul Fallot.

La découverte dans la Chaîne numidique de Rhynchonellines du Lias inférieur, connues des Alpes à la Sicile et dans le Rif, permet de prévoir l'existence, entre ces deux dernières régions, d'une liaison marine directe, peut-être par le Sud du bourrelet ancien kabylo-rifain. L'Hettangien-Sinémurien est, pour la première fois, daté dans la Chaîne numidique.

Poursuivant des recherches dans le Nord-Constantinois, l'un de nous (M. D. D.) a découvert au Djebel Rhedir plusieurs gîtes de Brachiopodes d'aspect paléozoïque. Leur étude (G. D.) a permis d'y reconnaître des Rhynchonellines du Lias inférieur.

Le massif du Rhedir, situé à 25 km au Sud de Philippeville représente le dernier relief calcaire important de l'Est de la Chaîne numidique. Rapporté au Lias par L. Joleaud, il a été l'objet d'une description détaillée de

(1) Déterminations confirmées et précisées par M. C. Arambourg.

(2) *Bull. Soc. Géol. et Min. de Bretagne*, 2, fasc. 4, 1921, *voir* p. 467-468.

(*) Séance du 26 novembre 1951.

P. Deleau ([1]). Le Lias du Rhedir, plissé en dôme surbaissé, ne montre ni sa base ni son substratum : à tous ses contacts avec le Cristallophyllien qui l'entoure, celui-ci le chevauche en écailles diversement orientées. Par ailleurs, le Nummulitique le recouvre en discordance.

La série stratigraphique comportait aux yeux de P. Deleau trois niveaux : des dolomies (Lias inférieur), des calcaires blancs (Lias moyen p. p.), des calcaires marneux sublithographiques à silex et à débris de Belemnites avec intercalations de marnes schisteuses (Domérien et Lias supérieur).

Nos recherches nous amènent à envisager une série sensiblement différente (M. D. D.). C'est ainsi que dans le Sud-Ouest du massif, une coupe du Nord au Sud passant par le sommet 510, montre la superposition de trois termes presque horizontaux, concordants entre eux. Ce sont, de haut en bas :

3° Des marnes schisteuses dures, à lamelles de calcite litée; jaunâtres au sommet, où s'observent des lentilles de dolomie brune, ces marnes sont rougeâtres vers le bas, où elles admettent de petits nodules de calcaire à grain fin.

2° Des brèches calcaires rouges, alternant avec des calcaires à silex de couleur grise ou violacée.

1° Des calcaires massifs blancs, marmoréens à la cassure.

Le terme inférieur peut se charger, plus ou moins, de dolomie. Constituant l'essentiel de la masse montagneuse, il mesure au moins 500 m d'épaisseur. Quoique inconnu, son susbtratum doit être constitué par le Cristallophyllien : en effet, un peu au Sud-Est du Rhedir, au Koudiat bou Fernana, des dolomies et calcaires, de faciès très analogue, surmontent directement des micaschistes à séricite.

Le terme moyen, bien que succédant en continuité au précédent, paraît le raviner. Sa puissance oscille autour de 50 m. Son faciès n'est pas constant : les brèches peuvent y remplacer en totalité les calcaires en dalles, et inversement. On observe aussi parfois des poudingues, passant à des calcaires noduleux.

Le terme supérieur ne semble représenté qu'à l'Ouest de Dar-el-Oued. Son épaisseur mesurable n'est pas inférieure à 100 m. Des marnes analogues à celles qui le constituent se retrouvent intercalées entre les bancs calcaires du sommet du niveau 2.

Ainsi, le Djebel Rhedir montre une série, surtout calcaire, dont la puissance dépasse 600 m, et dont le faciès nous est inconnu dans le reste de la Chaîne numidique. La découverte de faunes permet de l'identifier.

Le niveau 3 ne nous a fourni, dans ses marnes, que des Foraminifères encroûtés, indéterminables. Le niveau 2 a, par contre, livré des Rhynchonellines, dans plusieurs gîtes, dispersés au pourtour du massif : *Rhynchonellina* (*Geyeria*) *Geyeri* Bittn., *Rh.* cf *Suessi* Gemm., *Rh. Neumayri* Carap. et Schop., de nombreuses *Rh.* aff. *Brusinai* Eichenb., et de petits exemplaires à rapprocher de *Rh. Gastonei* Carap. et Schop.. Un bloc paraissant provenir du sommet du niveau 1 a révélé, outre des *Rh. Suessi* Gemm.?, une espèce nouvelle ayant des affinités avec *Rh. Seguenzae* Gemm. : elle sera décrite ultérieurement.

([1]) *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 1938, 2e série, n° 14, p. 82 et 294.

Au point de vue stratigraphique, ces Rhynchonellines permettent de dater la partie moyenne du Lias du Rhedir comme appartenant à l'Hettangien-Sinémurien (s. s.). En effet les mêmes formes (*Rh. Suessi, Rh. Neumayri, Rh. Brusinai*) ont été citées par M. Fallot et l'un de nous ([2]) dans des faciès très analogues du Rif espagnol. Elles y sont intercalées entre le Rhétien à *Avicula contorta* et des couches attribuées avec doute au Sinémurien. Si leur âge hettangien y est donc probable, au contraire en Sicile ([3]) les mêmes formes sont plutôt rapportées au Sinémurien. Le fait essentiel est que l'Hettangien et le Sinémurien n'avaient été datés nulle part jusqu'à maintenant dans la Chaîne numidique. Par ailleurs, dans tout l'Atlas littoral d'Algérie, le Lias inférieur n'avait pu être caractérisé qu'en un seul point, dans le Djurdjura ([4]).

Au point de vue de la géologie régionale, l'existence au Rhedir d'une puissante formation du Lias inférieur ne laisse pas de surprendre.

En effet, quelques kilomètres plus à l'Ouest, au Dj. bou Aded, nos recherches nous montrent que la mer du Lias moyen à *Terebratula aspasia* a recouvert directement le Métamorphique. L'emplacement de l'extrémité orientale de la future Chaîne numidique devait donc comporter des conditions paléogéographiques locales très variées, à l'aurore des temps liasiques.

Au point de vue de la paléogéographie générale les Rhynchonellines apparues dès le Trias supérieur vivaient au Lias inférieur ([3]), dans le domaine alpino-dinarique, jusqu'à la Sicile. Les gisements du Rif en sont éloignés de près de 2000 km. Le gisement de Dj. Rhedir fournit un premier jalon entre ces deux domaines.

Les Rhynchonellines n'ont pas été signalées dans les dépôts du sillon mésogéen ou à son bord nord (Sardaigne, Baléares, Andalousie). Elles ont par contre pu se propager, soit aux abords des massifs Kabilo-rifains, soit dans la zone qui deviendra au cours du Secondaire, le sillon tellien, au Sud de ces massifs.

GÉOLOGIE. — *Un nouvel affleurement des couches de Sötern; sa signification stratigraphique et tectonique*. Note de M. **Karl Mathias Britz**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Jusqu'en 1923, les séries de Sötern de la dépression permienne de la Sarre furent considérés comme couches de passage entre l'Autunien et le Saxonien. Dans ces couches apparaissent pour la première fois des galets de rhyolithes. D'après Kühne (1923), ce dépôt représenterait un faciès de l'assise de Wadern (Saxonien inférieur). La preuve en serait sa disparition progressive au fur et

([2]) P. Fallot et G. Dubar, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 154.
([3]) G. Dubar, *Notes et Mém. Serv. Mines Maroc*, n° 41, 1938, *Mém. paléont.* n° 9.
([4]) A. Lambert, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 414.

à mesure qu'on s'éloigne des massifs de rhyolithes. Ainsi à Gimbweiler, contre le massif de Nohfelden, ces couches mesurent 100 m; 7 km au Sud-Est, sur les bords Nord du bassin de Freisen, elles se réduisent à moins de 10 m; 2 km plus loin encore il n'y aurait plus que quelques galets isolés de rhyolithes d'après Grebe; plus loin enfin le dépôt manque complètement. Falke proposa en 1950 de supprimer le terme d'assise de Sötern et de désigner ces dépôts comme étant un faciès à conglomérats de rhyolithes intercalé, soit dans l'assise de Tholey, soit dans l'assise de Wadern.

Les couches de Sötern sont connues dans les synclinaux de la Prims, de la Nahe et du Donnersberg, au Nord-Ouest et au Sud-Est de l'anticlinal de Sarrebrück. Elles débutent par un conglomérat à galets de rhyolithes et passent vers le haut à des sédiments plus fins que rien ne permet de distinguer des assises supérieures de Tholey sous-jacentes. D'ailleurs des galets isolés de rhyolithes apparaissent déjà au sommet de l'assise de Tholey.

Un nouvel affleurement des couches de Sötern a été reconnu dans la tranchée de l'autostrade du Col de Freisen-Füsselberg à 2 km au Sud-Sud-Est du bord Nord du bassin de Freisen. Les assises supérieures de Tholey sont surmontées par 1 à 1,5 m de conglomérats grossiers, les galets de rhyolithes atteignent le volume d'une tête; le diamètre des galets de quartzites, quartz, lydiennes et de quelques rares roches volcaniques basiques ne dépasse guère 10 cm.

Vers le haut, les galets disparaissent et le dépôt reprend l'aspect des couches de Tholey du soubassement. A 15 m au moins au-dessus du conglomérat à galets de rhyolithe débute la porphyrite de la coulée limite. D'après Falke, c'est avec cette coulée que débute le Saxonien.

Au Nord de Freisen, le conglomérat à galets de rhyolithes se trouve un peu plus haut dans la série stratigraphique : il débute à 10 m au-dessous de la coulée-limite. La base des couches de Sötern n'est donc pas liée à un horizon constant. Il faut en conclure que l'aire de sédimentation s'est déplacée du Sud-Est vers le Nord-Ouest. Ce déplacement doit être mis en relation avec la mise en place de l'anticlinal de Sarrebrück, au Sud-Est de ces affleurements.

On connaît la présence de conglomérats à galets de porphyre à la base des couches de Sötern dans la région du Donnersberg et autour des massifs de Nohfelden et de Kreuznach. Le massif du Litermont se trouvait bloqué dans l'aire de dépôt des galets dévoniens du Hunsrück. Celui du Königsberg, entouré de dépôts stéphaniens, ne devait pas être dégagé vers la fin de l'Autunien.

La présence de galets isolés de rhyolithes dans les couches supérieures de l'assise de Tholey montre que certains massifs de rhyolithe étaient dégagés dès cette époque. La présence d'un conglomérat grossier à la base des séries de Sötern montre que des mouvements tectoniques ont dû

accélérer la destruction des massifs de porphyre. Ces fractures sont limitées au voisinage des affleurements des conglomérats à galets de porphyre. Elles sont dues à l'effondrement des extrusions rhyolithiques sous l'influence du plissement de l'anticlinal de Sarrebrück. Ces fractures sont antérieures aux failles qui s'ouvrent dès la base de l'assise de Wadern dans le cœur de l'anticlinal de Sarrebrück.

Le terme de faciès conglomératique à galets de rhyolithe proposé par Falke induit en erreur, car il ne tient pas compte des mouvements tectoniques antérieurs à l'assise de Wadern. C'est pourquoi il convient de maintenir plutôt le terme de *faciès de Sötern*; on peut le rencontrer, soit au sommet de l'Autunien, soit à la base du Saxonien.

GÉOLOGIE. — *Structures obliques dans l'Atlas tellien, au Sud de Miliana.* Note de M. **Maurice Mattauer**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le style tectonique particulier des environs de Teniet-el-Haad, décrit dans une Note précédente (1), ne se trouve pas localisé aux environs mêmes de Teniet, mais s'étend à toute la région tellienne, comprise entre la plaine du Chéliff et les Hauts-Plateaux, vaste région qui ne correspond pas du tout aux indications de la carte géologique au 1/500 000e, au point de vue stratigraphique et tectonique.

Les plis et les failles de toute cette région constituent, en effet, une structure qui peut être rapprochée de celle décrite par l'École de Besançon (Dreyfuss, Caire, Castany, Glangeaud, Gottis) dans plusieurs régions périalpines où des plissements sont associés à des failles produites par des mouvements verticaux indépendants des plis. Les plis à grand rayon de courbure, affectant l'épaisse série du Crétacé tellien, prennent des directions anormales (surtout NE-SW) par rapport à la direction générale E-W des plis du Tell. Les failles, qui jouent un rôle important dans cette région, forment, entre autre, le *fossé tectonique de Teniet-el-Haad*, d'orientation NE-SW, traversant tout le Tell, et donnent toujours une limite tectonique naturelle à la partie méridionale de l'Atlas tellien.

1. *Les plis.* — A l'Ouest du fossé tectonique, décrit plus loin, se trouve le vaste *monoclinal de l'Amrouna* (1), orienté NE-SW, qui commence dans la région de Teniet-el-Haad. Il se prolonge au Nord, sur une vingtaine de kilomètres, jusque sur la feuille de Pt. du Caïd. Une importante faille le limite au Nord et le sépare d'un synclinorium formé de Crétacé supérieur Ce dernier est lui-même bordé vers le Nord, dans la direction de la plaine du Chéliff, par un nouvel anticlinal crétacé inférieur. Ces deux plis conjugués

(1) M. Mattauer, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1381.

(2) M. Mattauer, *loc. cit.*

ont une orientation d'abord nettement E-W, mais qui devient difficile à définir plus à l'Est, en bordure du « fossé tectonique ».

Le « monoclinal de l'Amrouna », après avoir été coupé par le fossé de Teniet, se prolonge à l'Est de cette ville, par un vaste brachyanticlinal Nord-Sud. Le flanc Nord-Est de celui-ci s'incurve dans le massif aptien de la forêt de Bou Madjebar, pour prendre la direction E-W.

Au Nord de Trolard-Taza, c'est-à-dire à l'Est du fossé, entre ce village et la plaine du Chéliff, les massifs de l'Ech Chaour, du Djebel Tachta, du Djebel Berrouaghia et du Djebel Louhe correspondent à des accidents complexes, où domine le style monoclinal, d'orientation générale NE-SW.

2. *Les failles.* — *a.* Le *fossé tectonique de Teniet-el-Haad* est large de 2 à 3 km seulement, au voisinage de cette ville. Il se poursuit vers le Nord-Est et, à 7 ou 8 km au Nord-Est de Teniet, il s'élargit brusquement, grâce à l'adjonction d'une importante faille E-W. Après avoir atteint une largeur de 10 km, il se poursuit vers le Nord-Est, en traversant toute la feuille au 1/50 000e de Teniet-el-Haad. Ses failles limites font, en général, buter la bordure, d'âge crétacé inférieur, jusqu'à l'Aptien, contre les terrains effondrés du fossé, constitués presque exclusivement de Crétacé supérieur et de Tertiaire (Oligocène, faciès numidien et grès de Boghari; Miocène, faciès marin et continental).

La prolongation vers le Nord de ses deux failles bordières n'a pu être suivie avec précision sur la feuille au 1/50 000e de Pt. du Caïd. Nous pouvons, toutefois, préciser que ce fossé tectonique se raccorde au bassin mio-oligocène de la vallée de l'oued Deurdeur, par un important massif mio-oligocène. Ce dernier, qui occupe tout le coin Sud-Est de la feuille de Pt. du Caïd, n'avait pas encore été signalé.

Dans le fossé lui-même, la tectonique n'est pas simple; de très nombreuses failles d'orientations diverses y découpent généralement des petits voussoirs monoclinaux, dont certains n'ont que quelques centaines de mètres de largeur.

b. En plus des failles du fossé, il existe un *réseau de failles*, limitant, au Sud, les plis telliens. Ces failles bordières ont des orientations variées sur la feuille de Teniet-el-Haad; elles sont : E-W à l'Ouest de Teniet, NW-SE au Sud-Est de Teniet, NE-SW un peu plus à l'Est et NWW-SEE aux environs de Trolard-Taza. Ces failles, coupant les plis obliquement, font presque partout buter le Miocène contre le Crétacé supérieur et le Tertiaire de la bordure des Hauts-Plateaux.

D'autres failles importantes, également obliques par rapport aux plis, apparaissent par place dans les massifs telliens. Ainsi, une faille NNW-SSE limite le monoclinal de l'Amrouna sur la feuille de Pt. du Caïd. Une faille NW-SE borde le Djebel Tachta dans sa partie méridionale.

De rapides explorations dans la partie méridionale du massif de l'Ouar-

senis permettent déjà d'affirmer que l'on y retrouve le type de structure décrit ici. Elles permettent, dès à présent, de considérer le massif de l'Ouarsenis comme étant une unité géologique différente de la partie de l'Atlas tellien située à l'Est de Teniet.

Une prochaine Note précisera quelle a été l'évolution de toute cette région et les conséquences géologiques qui en découlent.

GÉOLOGIE. — *Structure de la zone sub-bibanique dans la région de Mansourah-les-Biban (département de Constantine).* Note de M. **André Caire**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La zone sub-bibanique, étudiée par J. Savornin (1) présente des particularités structurales jusqu'ici insoupçonnées. Des unités de glissement y ont pris naissance et se sont écoulées vers le Sud dans une dépression tectonique. Les plissements du Miocène autochtone ont entraîné le démantèlement de ces unités.

La zone sub-bibanique est limitée, au Nord par l'anticlinorium des Biban, au Sud par la chaîne du Djebel Mansourah.

1. Les plis dans la dépression de l'oued Azerou. — Au Sud de la chaîne des Biban, décrochée par une faille dans la région des Portes de fer, se développent les plis enracinés de la zone sub-bibanique.

1° *Synclinal de l'oued Tazdart.* — Le flanc Sud-Est du pli, formé de Crétacé (Albien ?) dolomitique, est tronçonné par des failles transversales. Une faille, subverticale au Nord de l'Azerou el Kebir, le met en contact avec le flanc inverse de l'anticlinal de Mzita.

2° *Anticlinal de Mzita.* — Cet anticlinal sénono-suessonien (2), situé à l'Est de la chaîne des Azerou, est couché sur son flanc Sud-Ouest et retourné sur son flanc Nord-Ouest. Les couches suessoniennes renversées sont affectées d'un repli anticlinal au contact de la faille des Azerou.

2. Les unités de recouvrement. — 1° *Unité de recouvrement* A. — Sur le flanc Sud-Ouest de l'anticlinal de Mzita, le Suessonien s'est décollé au niveau du Sénonien marneux. Un écoulement par gravité, postérieur au décollement et sans doute contemporain du renversement du pli, a amené le Sénonien à faciès « Biban » et le Suessonien sur un autochtone formé de Cartennien et de Crétacé à faciès « Sud ». Ces faciès du Crétacé ont été bien étudiés par J. Savornin. On observe, à l'Est de la région de Mzita, des recouvrements analogues.

---

(1) Étude géologique de la région du Hodna et du Plateau sétifien *Thèse Sciences*, Lyon, 1920, et *B. C. G. A.*, 2e série, n° 7.

(2) Le Sénonien comprend un niveau conglomératique affleurant dans le lit de l'oued Azerou.

L'unité de recouvrement inférieure ou unité A, comprend tous les lambeaux de Sénonien et Suessonien, en recouvrement anormal sur l'Autochtone.

2° *Unité de recouvrement* B. — Le flanc Ouest de l'anticlinal de Mzita est décollé au niveau d'un filon de Trias, qui se présente en position presque « interstratifiée » dans le Sénonien. Une structure analogue s'observe au Sud du Djebel Mzita, où les calcaires à *Inocérames* reposent sur une lame de Trias discontinue. La klippe de l'Iguer Entarhioult donne la preuve d'un glissement de la masse chevauchante, dû en grande partie, et peut-être exclusivement à l'effet de la gravité et dont l'ampleur est d'ailleurs variable suivant les points.

L'unité moyenne de recouvrement ou unité B comprend l'ensemble des lames de Sénonien qui, décollées au niveau du Trias filonien, ont glissé et se sont disloquées sous l'effet plus ou moins exclusif de la gravité. Cette unité recouvre l'unité A ou le Miocène autochtone. Les unités A et B se sont écoulées vers le Sud dans une zone assimilable à un fossé tectonique.

3° *Reliefs medjaniens et unité de recouvrement* C. — Dans la zone subbibanique, le Medjanien repose sur le Crétacé supérieur par l'intermédiaire d'une lame de Trias d'épaisseur variable. Le Trias était sans doute intercalé dans le Sénonien avant le Medjanien et a été repris à la base des dépôts de cet âge. Les Dj. medjaniens représentent l'unité C, qui peut être nommée unité de recouvrement supérieure, le Medjanien ayant subi localement un déplacement par rapport à son substratum.

3. Zone des bombements postérieurs aux recouvrements et autochtone. — Au Sud de ces unités de recouvrement se développe une zone bien individualisée. Elle comprend une série de bombements qui se relaient en échelons et sont constamment déversés, couchés ou faillés sur leur flanc Sud. Ces déformations affectent l'autochtone et les unités A et B qui le recouvrent. Ainsi, dans le bombement complexe Kef Kherat-Chouf el Guiassa, on observe un soulèvement du Miocène, postérieur à l'écoulement de l'unité A qui a pu glisser sur les deux flancs du bombement. Celui-ci est relayé, entre Mansourah et Er Baha, par une ride anticlinale déversée et faillée sur son flanc Sud. Vers Teniet el Merdja, une klippe, fragment de l'unité B, repose à l'Est sur le Cartennien autochtone, à l'Ouest sur l'unité A. Il semble que le soulèvement du Miocène ait commencé ici avant la fin du glissement de l'unité B.

Au Sud des bombements s'étend une zone synclinale plus ou moins large, souvent faillée, parfois masquée par le renversement du flanc Sud des bombements et contenant en divers points (Selatna, Sud d'El Achir, etc.) des lambeaux de l'unité A. Plus au Sud, sur le parallèle du Dj. Mansourah, le Miocène est ployé en un vaste bombement localement flexuré et faillé. La faille d'El Hamra fait affleurer le Crétacé du Dreat.

LIMNOLOGIE. — *Dépôt d'une diatomite récente dans la province de Fayoum (Égypte).* Note de MM. **Anwar Abdel Aleem** et **Émile Manguin**, présentée par M. Roger Heim.

La diatomite décrite dans cette Note fournit une nouvelle preuve de la présence, dans la dépression de Fayoum, d'un ancien lac d'eau douce en régression dont le lac actuel Qaroun n'est qu'un vestige. Le dépôt a dû s'effectuer dans des conditions écologiques constantes, au fond d'un lac oligotrophe assez peu profond, vers le début du Néolithique, sous un climat subtropical.

La dépression de Fayoum qui s'étend sur le plateau calcaire du désert de Libye fut remplie jadis par les eaux du Nil. On pense que sa formation, durant le Pléistocène, est due, comme pour les autres grandes dépressions (Qattara, oasis), à l'érosion éolienne. En 1939, Ball (1) a retracé en détails l'histoire de la dépression de Fayoum et de son ancien lac. On suppose que l'eau du Nil arriva pour la première fois dans la dépression à l'Acheuléen, il y a environ 70 000 ans. Il se forma ainsi un grand lac qui couvrait une surface supérieure à 2 800 km² et dont le niveau dépassait le niveau actuel de la Méditerranée d'une quarantaine de mètres (soit 85 m au-dessus du lac Qaroun).

L'existence de ce lac semble confirmée par les travaux géologiques et archéologiques effectués dans la région de Fayoum. Cependant, les auteurs ne sont pas d'accord sur les limites et les niveaux du lac aux différentes époques. Rappelons que le lac Mœris, visité par Hérédote en 450 avant Jésus-Christ, était le reste d'un ancien lac néolithique de plus grandes dimensions. Les données fournies par Hérédote au sujet du lac Mœris, reposant en partie sur des légendes rapportées par les prêtres et les indigènes plutôt que sur des manuscrits et des papyrus, semblent exagérées.

Les dépôts lacustres que nous décrivons forment, près de Um El Atl, à 12 km environ au Nord-Est du lac Qaroun, à 43 m au-dessus du niveau de ce lac, une vaste étendue plane, grisâtre, couverte d'une couche de sable apportée du désert par le vent. A certains endroits, la surface sableuse a été chassée et les dépôts grisâtres apparaissent sur 30-40 m de large et plusieurs kilomètres de longueur. Cette étendue de dépôts lacustres est entourée, vers le Nord, par d'anciennes rives du lac en régression, rives qui se trouvent à différents niveaux au-dessus de la mer. Des outils du Néolithique supérieur (couteaux, flèches) ont été trouvés près des dépôts lacustres, au niveau et au-dessus du niveau de la mer. Ces objets témoignent vraisemblablement de la présence d'une peuplade néolithique installée au bord du lac. Caton-

(1) *Contributions to the geography of Egypt*, Government Press, Cairo, 1939.

Thompson et Gardner ([2]) firent des trouvailles semblables; ils concluent que le niveau du lac, depuis la fin du Néolithique, n'a jamais dépassé le niveau actuel de la Méditerranée.

Les dépôts étudiés ici ont environ 3,5 m de profondeur; leur densité atteint 0,7; ils sont exploités industriellement. L'examen des Diatomées qu'ils contiennent révèle une remarquable homogénéité de la flore aux différents niveaux. Il semble donc que les conditions écologiques soient restées assez constantes à l'époque des dépôts, durant la « vie » de ce lac d'eau douce ([3]).

Parmi les 57 éléments systématiques trouvés (espèces et variétés), *Melosira granulata* est le plus abondant à tous les niveaux. Ceci indique, par comparaison avec les données limnologiques actuelles, que le lac appartenait au type oligotrophe. Signalons encore, parmi les espèces les plus abondantes : *Cyclotella Kützingiana, Stephanodiscus astraea, Cocconeis placentula, Anomoeoneis sphæroidea, Navicula radiosa, N. gastrum, Epithemia* sp., *Rhopalodia musculus, R. ropala, Cymatopleura elliptica, Gomphonema olivaceum, Cymbella turgida, C. ventricosa.*

La densité du peuplement diatomique aux différents niveaux est plus forte que dans les lacs oligotrophes actuels. D'après le comportement écologique de toutes les espèces observées, on peut conclure que le milieu où se sont déposés ces sédiments organiques était très riche en carbonate de calcium. Les espèces sont toutes des témoins alcalinophiles et, par suite, des oligohalobes ou indifférentes au NaCl.

La grande abondance des formes littorales et benthiques (84 %) fait penser que ce lac devait être peu profond ([4]); la présence de quelques grains de pollen et de tiges calcifiées de Cypéracées suggère l'existence d'une flore hydrophytique favorable au développement de Diatomées fixées. Il faut cependant faire quelques réserves à cette hypothèse, car plusieurs Diatomées planctoniques faiblement silicifiées sont mal conservées dans les dépôts alcalins.

Signalons encore, dans cet ancien peuplement diatomique, un taux élevé de formes actuelles cosmopolites (85 %) et seulement sept formes contempo-

---

([2]) *Geographical Journal*, London, 1939.

([3]) D'après le « Halobien-System » de Kolbe (*in Pflanzenforsch.*, 7, 1927, Zur OEkologie, Morphologie und Systematik der Bräckwasser-Diatomeen), les Diatomées peuvent être considérées comme de bons indicateurs du degré de salinité du milieu dans lequel elles vivent.

([4]) Ceci peut être confirmé par le fait que, au moment où le dépôt s'est formé, il y a 8 000 à 10 000 ans, la surface du lac est restée pendant longtemps à 18 m environ au-dessus du niveau actuel de la Méditerranée, et passa successivement à 10 m, puis — 2 m.

raines localisées dans les régions tropicales ou chaudes. Une seule espèce, *Cyclotella Iris*, abondante aux divers niveaux examinés, doit être considérée comme cosmopolite fossile.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la nature de la couche* E *sporadique et la turbulence de la haute atmosphère*. Note de M. **Roger Gallet**, présentée par M. Jean Cabannes.

A. Il n'existe pas de théorie satisfaisante de la production de la couche E_s. Jusqu'à présent on a cherché des causes de l'ionisation, parfois intense, surajoutée à la couche E, et pour rendre compte de son héterogénéité on se heurte à de grosses difficultés. Les hypothèses les plus modernes associent l'ionisation supplémentaire aux météores d'une part, et aux phénomènes magnétiques et auroraux d'autre part ([1]), mais les études récentes n'ont pas confirmé cette corrélation.

Par ailleurs il faut rendre compte également de nombreux faits d'observation, bien connus par les sondages ionosphériques. Pour expliquer la réflexion partielle, et la variation des coefficients de réflexion et de transmission en fonction de la fréquence il faut une théorie d'ondes, contrairement à celle des autres couches qui se contentent d'une optique géométrique de rayons. Les modèles de « couche mince » ne sont pas satisfaisants, car la couche devrait avoir une épaisseur de quelques dizaines de mètres en général et une stratification horizontale stable, dont il est très difficile de rendre compte.

La théorie des « nuages diffusants » est plus acceptable; des nuages de haute densité électronique, présents dans la couche E, produisent des réflexions diffuses au-dessus de la fréquence critique normale; les réflexions simultanées sur les couches E et F s'expliquent par les « trous » entre les nuages; au-dessus d'une certaine fréquence l'onde pénètre à travers les nuages et il n'y a plus de réflexion E_s. Cependant il n'existe pas de théorie détaillée de l'optique radioélectrique de ces phénomènes; et il faut expliquer d'une façon naturelle la présence de ces nuages et leurs propriétés statistiques.

B. Nous croyons qu'il n'est pas nécessaire de chercher une cause d'ionisation pour E_s. En d'autres termes nous ne pensons pas qu'il existe des électrons supplémentaires qui forment la couche E_s, en plus des électrons normalement présents dans la région E. Les seuls effets optiques, liés à la *turbulence*, sont suffisants pour expliquer la plus grande partie des propriétés de E_s. Les électrons supplémentaires produits par les météores ou les aurores polaires ne jouent qu'un rôle secondaire, parfois important dans des conditions spéciales, mais n'ont pas à expliquer les propriétés normales de E_s.

([1]) *Voir* un exposé d'ensemble de ces théories : A. C. B. Lovell, *Report Prog. Phys.*, 11, 1946, p. 415 (*Physical Society-London*).

La turbulence de la haute atmosphère, lorsqu'elle est présente, ne produit pas d'effet sur la propagation des ondes radioélectriques en dehors des régions ionisées. Mais elle transforme les régions ionisées en milieu *optiquement trouble*, en produisant des *fluctuations de densité électronique* variables dans le temps et l'espace, Ces fluctuations accompagnent les fluctuation de densité de l'air, mais ne peuvent se produire que là où sont normalement les électrons. Le milieu devient diffusant; dans un sondage vertical la diffusion en arrière est équivalente à une réflexion E_s. L'onde transmise vers le haut est formée de l'onde incidente affaiblie par l'absorption correspondant à la diffusion et de l'onde diffusée vers l'avant par diffusion primaire, secondaire, tertiaire, etc. Suivant la fréquence, l'intensité et l'échelle de la turbulence, sa localisation éventuelle à l'intérieur de la couche, la proportion entre l'énergie réfléchie et l'énergie transmise varie d'une manière considérable.

C. Soit $\overline{(\Delta\rho/\rho)^2}$ l'*intensité* de la turbulence, mesurée par les faibles fluctuations de densité de l'air. Cet air contient N électrons par centimètre cube, en très faible proportion par rapport aux molécules neutres. On a $d\rho/\rho = dN/N$. Soit la constante diélectrique $\varepsilon = 1 - (4\pi N e^2/m\omega^2)$ pour une onde de pulsation ω. On a immédiatement $dN/N = d\varepsilon/(1-\varepsilon)$ ou encore $d\varepsilon/\varepsilon = (1-\varepsilon)/\varepsilon\,(d\rho/\rho)$. En posant $\eta = (\omega_0/\omega) < 1$, et $\omega_0^2 = 4\pi N e^2/m$ (définition de la fréquence critique locale), on obtient

$$(1) \qquad \frac{d\varepsilon}{\varepsilon} = \frac{d\rho}{\rho}\,\frac{\eta^2}{1-\eta^2}, \qquad \text{d'où} \quad \overline{\left(\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2} = \overline{\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)^2}\left(\frac{\eta^2}{1-\eta^2}\right)^2.$$

L'*intensité optique* de la turbulence, mesurée par les fluctuations de la constante diélectrique est fortement amplifiée lorsque η tend vers 1. C'est ce *facteur d'amplification optique* qui rend le milieu optiquement trouble même pour une faible turbulence. Nous avons trouvé que $\overline{(\Delta\rho/\rho)^2}$ *de l'ordre de* 10^{-4}, rend bien compte des propriétés courantes de E_s.

D. Nous avons développé la théorie quantitative de la « diffusion optique par turbulence dans une région ionisée » et nous l'exposerons dans des Notes suivantes. Nous pensons que c'est la vraie nature de la couche E_s. La théorie précise doit se compléter en tenant compte de l'influence du champ magnétique, qui impose une *anisotropie* des fluctuations de densité électronique, d'où des différences entre l'équateur et les régions polaires. Enfin, discutant la turbulence dans la haute atmosphère et rattachant ses paramètres aux théories statistiques récentes de la turbulence, nous atteignons des propriétés aérodynamiques nouvelles de la haute atmosphère.

Dans un milieu ionisé la turbulence devient une *nouvelle source d'opacité* pour les rayonnements radioélectriques solaires et galactiques. Ce nouveau point de vue est important particulièrement pour l'« anneau brillant » de la couronne solaire.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la gravité à Madagascar.*
Note (*) de M. **Louis Cattala**, présentée par M. Pierre Lejay.

Depuis 1948, des mesures relatives de l'intensité de la pesanteur ont été faites à Madagascar avec le gravimètre North American C° n° 73, appartenant à l'Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer; 400 à 500 stations, dans diverses régions de l'île, ont été rattachées au pilier méridien de l'observatoire de Tananarive. Mais il était impossible jusqu'ici de calculer les anomalies de la pesanteur, faute d'un rattachement de Madagascar à des stations extérieures où la valeur de g soit connue. Ce rattachement ayant été effectué par Mme Duclaux et M. Martin, et le résultat nous ayant été récemment communiqué, nous pouvons donner l'anomalie à l'air libre et l'anomalie de Bouguer pour quelques stations déjà calculées à titre provisoire. Le résultat du rattachement de Madagascar ne pourrait être modifié que de quelques centièmes de milligal par les calculs définitifs; les mesures du réseau malgache subiront encore des retouches lorsque, les circuits se développant, la compensation de ces circuits amènera, dans les valeurs de g observées, des modifications de quelques dixièmes de milligal. Le développement de la cartographie de Madagascar permettra de mieux fixer les positions de certaines stations, mais les rectifications n'atteindront que dans quelques cas la minute sexagésimale. Le point le plus sujet à révision est la détermination des altitudes. Le programme de nivellement du Service Géographique de Madagascar, actuellement en cours, apportera des modifications, parfois assez sensibles, aux altitudes que nous avons admises provisoirement, à partir des observations au baromètre Fortin, qui ont été faites en même temps que les observations de gravité. L'ordre de grandeur des anomalies est cependant suffisamment acquis pour présenter dès maintenant de l'intérêt, puisque les anomalies de Madagascar étaient jusqu'ici inconnues.

Stations.	Longitude Est Greenwich.	Latitude Sud.	Altitude.	g. observé.	Anomalies. Air libre.	Anomalies. Bouguer.
	° ′ ″	° ′ ″	m	mgals	mgals	mgals
Diégo-Suarez	49 17 36	12 16 23	31,46	978,32461	+ 52,58	+ 49,07
Ambilobe	49 03 13	13 11 32	38	33737	+ 31,84	+ 27,59
Ankaramy	48 10 37	13 58 49	134	34612	+ 37,87	+ 22,89
Antsohihy	47 59 09	14 52 42	10	34366	— 41,84	— 42,96
Port-Bergé	47 39 59	15 33 37	22	39065	— 22,22	— 24,68
Majunga	46 18 18	15 43 37	3,63	42781	+ 1,49	+ 1,08
Marovoay	46 38 08	16 06 44	3,0	41357	— 31,23	— 31,57
Maevatanana	46 49 39	16 56 55	45,15	46081	— 12,01	— 17,06

(*) Séance du 3 décembre 1951.

Stations.	Longitude Est Greenwich.	Latitude Sud.	Altitude.	g. observé.	Anomalies. Air libre.	Anomalies. Bouguer.
	° ′ ″	° ′ ″	m	mgals	mgals	mgals.
Andriba	46 55 44	17 36 21	613,62	34859	+ 17,72	— 50,88
Tamatave-ville	49 24 46	18 09 32	5,16	59305	+ 45,28	+ 44,70
Andoharano	47 10 56	18 15 08	1572,0	17306	+103,88	— 71,87
Anjozorobe	47 52 52	18 23 49	1293	22361	+ 60,57	— 83,99
Brickaville	49 04 06	18 49 08	8,05	62100	+ 38,42	+ 37,52
Tananarive pilier mérid.	47 33 06	18 55 02	1381,25	22649	+ 62,30	— 92,12
Moramanga	48 13 49	18 56 37	911,27	35874	+ 48,08	— 53,80
Arivonimamo-météo	47 09 48	19 00 58	1449,06	22055	+ 71,83	— 90,17
Ambatolampy	47 26 37	19 22 56	1559,41	21019	+ 75,04	— 99,30
Sambaina	47 09 41	19 38 18	1688,22	16402	+ 54,10	—134,64
Antsirabe	47 02 08	19 51 48	1506,02	21292	+ 33,92	—134,45
Ambositra	47 14 37	20 32 26	1325,00	31806	+ 43,72	—104,42
Fianarantsoa	47 05 14	21 26 47	1100,40	44486	+ 46,69	— 76,33
Tolongoina	47 30 53	21 33 28	389,52	59791	— 26,49	— 70,04
Ambalavao	46 56 24	21 49 46	1009,10	49799	+ 48,02	— 64,80
Manakara	48 00 41	22 08 09	3,87	85977	+ 80,40	+ 79,97
Ihosy	46 07 49	22 23 55	730,22	59848	+ 26,68	— 54,96
Ivohibe	46 53 19	22 28 44	670	61806	+ 22,62	— 52,29
Ranohimura	45 24 52	22 33 18	834,33	61051	+ 60,93	— 32,35
Sakaraha	44 32 26	22 54 37	476,72	69454	+ 11,80	— 41,50
Betroka	46 05 47	23 16 29	795	63957	+ 31,19	— 57,69
Tuléar-aviation	43 43 20	23 23 39	4,05	88813	+ 28,00	+ 27,55
Benenitra	45 04 53	23 26 53	220	79090	— 6,12	— 30,72
Ambovomaty	44 40 46	23 27 33	575,68	70742	+ 19,47	— 44,89
Tongobory	44 20 03,3	23 31 30	76,68	84674	+ 0,43	— 8,14
Soalara	43 43 21	23 35 30	4,48	90791	+ 34,90	+ 34,40
Betioky	44 22 34	23 43 24	262	78786	— 14,35	— 43,64
La Sakoa	44 45 38	23 47 33	331,10	82705	+ 41,58	+ 4,56
Vohitsara	44 15 15	23 54 01	251,88	80930	— 7,80	— 35,96
Bekily	45 18 49	24 13 03	386	82642	+ 29,47	— 13,68
Edjeda	44 31 17	24 20 34	236	91636	+ 64,65	+ 38,27
Ampanihy	44 44 53	24 41 36	230	978,92700	+ 49,62	+ 23,91
Androka	44 04 19	25 01 27	5	979,03243	+ 62,87	+ 62,31
Fort-Dauphin-météo	46 59 12	25 01 43	43,48	978,95337	— 4,61	— 9,47
Ambovombe	46 05 16	25 10 55	136,68	979,02694	+ 87,12	+ 71,84
Tsihombe	45 29 25	25 18 41	64	978,98019	+ 8,95	+ 1,79
Faux-Cap	45 31 47	25 33 24	12,0	979,01908	+ 14,65	+ 13,31
Cap Sainte-Marie	45 08 21	25 35 07	190,86	978,99800	+ 46,77	+ 25,43

Nota. — Les altitudes sont celles du gravimètre; celles pour lesquelles on donne des décimales sont obtenues par le nivellement du Service Géographique, par la triangulation de premier ordre ou rattachée au premier ordre.

Les anomalies de Bouguer ont toutes été calculées avec la densité 2,67.

GÉOPHYSIQUE. — *Ressemblance des côtes atlantiques africaine et sud-américaine et développement du plissement d'un continent isolé, comme corollaires de la théorie de continents en moyenne immobiles.* Note de M. **Matthias Matschinski**, transmise par M. Théodore Monod.

L'auteur indique deux méthodes d'application de sa théorie générale de l'écorce. Soulignant que la ressemblance des côtes de l'Afrique et de l'Amérique du Sud n'est qu'une ressemblance imparfaite, il montre que ce phénomène peut être déduit de la théorie, supposant les continents immobiles. Il donne un simple calcul du déplacement du plissement du bloc continental central jusqu'aux bords du continent.

1. Depuis longtemps j'ai déjà donné et pendant deux dernières années développé [1] en détail une théorie de l'écorce terrestre et de la formation des continents et des montagnes partant, contrairement à l'opinion très répandue à une certaine époque, d'une idée de l'écorce terrestre primitivement tendue mais non contractée. Cette idée d'une tension primitive n'est pas une conception arbitraire, mais le corollaire d'un très simple calcul concernant l'état thermique pendant la période qui a immédiatement suivi la solidification.

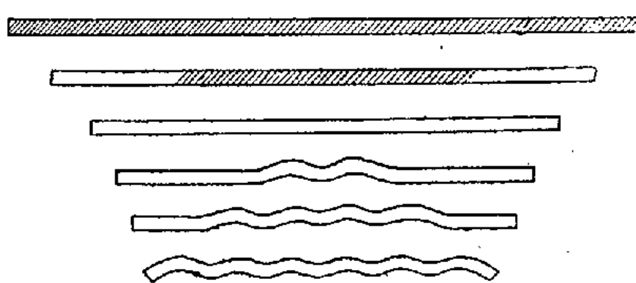
Du fait que l'écorce a été primitivement tendue, ne découle pas qu'elle est maintenant partout tendue, des régions de tension existent simultanément avec des régions de compression. Cette tension primaire, ayant provoqué des ruptures capitales dans l'écorce (la divisant en continents) a été, par l'apparition de ces ruptures, en partie déchargée, car aucune rupture ne permet la tension le long de sa perpendiculaire. Ce procédé de déchargement peut être imaginé à l'aide de deux méthodes, équivalentes en principe mais de forme très différente. On peut imaginer qu'un bloc de l'écorce terrestre isolé par les ruptures se comprime d'abord jusqu'à la partie d'une sphère de rayon plus petit que celui de la sphère terrestre, et après (car l'équilibre est impossible dans cette situation) s'affaisse en partie, en se pliant. Dans une telle considération, seuls le premier et le troisième stades sont réels. Le deuxième n'est introduit que pour simplifier, comme on introduit la représentation d'un mouvement quelconque en vecteurs, dont chacun correspond à un déplacement éventuel mais non réel (seule la somme est réelle). La deuxième méthode consiste dans l'application immédiate des équations de la mécanique à l'écorce terrestre.

2. L'application de la théorie générale à la question des lignes côtières atlantiques de l'Afrique et l'Amérique du Sud est un exemple de la première

---

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1882; **233**, 1951, p. 492 et 669; *Cahiers Géol. de Thoiry*, n° **7**, 1951; n^{os} **9** et **10**, 1951; *Rev. géomorph. dyn.*, n° **4**, 1951; n° **6**, 1951.

méthode. Cette question est, comme on le sait, discutable ([2]). D'une part, un coup d'œil sur la carte donne l'impression d'une ressemblance étonnante; d'autre part, l'étude plus détaillée découvre une telle multiplicité de discordances que l'hypothèse du contact primitif des côtes paraît fort invraisemblable. Les discordances géologiques et paléontologiques décrites déjà auparavant, viennent d'être de nouveau étudiées par A. Chavan. Les petites discordances géographiques sont traitées du point de vue de la théorie de la probabilité par Dorrenstein, qui a établi que les mesures sur les cartes mènent à une valeur probabilité de 1/50e, en admettant que l'hypothèse du contacts primitif a, *a priori*, la même probabilité que l'hypothèse réciproque. C'est pourquoi dans le seul cas où l'on admet *ad hoc* que l'hypothèse de contact est très probable les résultats seront acceptables.



De tout cela découle que ni la théorie de l'écorce terrestre ayant comme corollaire une coïncidence exacte, ni la théorie n'ayant pas cette coïncidence pour corollaire ne sont admissibles. Une seule théorie apparaîtra admissible d'où découle une coïncidence approximative des côtes avec beaucoup de petites discordances. Un tel résultat découle de la théorie susmentionnée. Dans leur moyenne deux continents ne s'écartent pas. Après l'apparition d'une rupture les divisant, ils sont seulement froncés, attirant leurs bords vers leurs centres (qui restent immobiles) et écartant ainsi les bords des fragments opposés. De tels bords déjà défigurés par le froncement se ressemblent mais pas trop (sans mentionner l'influence des roches sédimentaires, de la couverture irrégulière par l'eau, etc.). Donnant ainsi la ressemblance, des côtes, la théorie n'exige pas un mouvement wegenerien des continents en entier. Ce dernier concept provoque, comme on le sait, les objections ([2]) tant des astronomes, que des géophysiciens (par exemple, Vening Meinesz croit que l'idée du déplacement de continent n'est pas compatible avec la topographie terrestre, d'après Prey).

3. Comme exemple de la deuxième méthode, considérons le déplacement du plissement des centres des continents à leur bords au cours des temps géologiques. Des hypothèses spéciales ont été proposées pour l'expliquer.

([2]) Chavan, *Rep.* XVIII *th. Sess. Int. Geol. Congr.*, part. XII, p. 19-26, London, 1950; Dorrenstein, *Verlage van de gewone vergadering der Afdeeling Naturkunde*, 53, n° 3, 1944, p. 33; Vening Meinesz, *Proc. Kn. Nederl. Ak. v. Wet.*, 27, 1950.

Cependant on peut déduire phénomène sans recourir à de telles hypothèses. En fait, en représentant chaque élément (du centre à la périphérie du continent) comme un parallélipipède tendu, on a les équations, les conditions de limite et la solution

$$(1) \quad \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}; \qquad u|_{t=0} = ax; \qquad u|_{x=0} = 0; \qquad \left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=l} = 0; \qquad \left.\frac{\partial u}{\partial t}\right|_{t=0} = 0;$$

$$u = \sum_{k=1,3,5,\ldots} (-1)^{\frac{k-1}{2}} \frac{4la}{k^2\pi^2} \sin\frac{k\pi x}{2l} \cos\frac{k\pi ct}{2l},$$

où l'orogenèse est déterminée par la condition d'une dérivée négative (— compression). Les résultats sont représentés sur la figure. Une solution plus exacte (le continent en forme de lamelle ronde) découle de l'équation

$$(2) \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2\left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{\partial u}{r\,\partial r}\right),$$

dont la solution ne diffère pas essentiellement de celle représentée sur la figure. La seule différence est la dispersion du plissement. Les descriptions mathématiques plus exactes (introduction d'une lamelle épaisse, équations du quatrième ordre, et d'une forme primaire sphérique) ne donnent qualitativement rien de nouveau. Par exemple, l'introduction de la forme primitive sphérique change les figures en les courbant dans leur entier en ne changeant que très peu les positions relatives des parties de la superficie. En réalité la situation se fait encore plus compliquée parce que sur les bords couverts par les océans se déposent les sédiments dont la présence marque les stades du déplacement des plis par les indices des époques géologiques successives.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Nouvelles observations de pulsations très rapides lors d'un orage magnétique.* Note de M. **Gaston Gibault**, présentée par M. Charles Maurain.

Dans une Note précédente [1], nous avons signalé, lors de la perturbation exceptionnelle du 28 mars 1946, une phase très remarquable dont l'inscription sur les graphiques de la déclinaison et de la composante horizontale dénotait un « frémissement » magnétique, alors peu visible sur la composante verticale.

Pour la troisième fois (la première observation, non publiée, remontant à 1938), nous avons constaté une phase semblable, le 21 septembre 1951 entre 8 h 54 mn et 9 h 01 mn (T. U.), au cours de la forte perturbation qui précéda l'orage magnétique des 25-26 septembre. Sur les enregis-

[1] G. Gibault, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 907.

trements de la déclinaison et de la composante horizontale on remarque, le même « frémissement » qu'en 1946, c'est-à-dire que, vraisemblablement, les impulsions sur les aimants (oscillant librement sans amortisseur) sont trop rapides pour pouvoir être séparées, mais cette fois, sur ceux de la composante verticale on peut nettement discerner des oscillations assez régulières ayant une période de l'ordre de 6 s.

L'interprétation de ce phénomène rarement observé nous paraît délicate. Si on le rapproche des effets, sur les magnétomètres, des décharges atmosphériques lors des orages météorologiques, on est frappé par leur similitude de forme, ce qui conduirait, dans les deux cas, à attribuer un rôle prépondérant à une influence électromagnétique dérivant probablement pour ces deux phénomènes de sources et d'actions électriques fort différentes.

Nous savons qu'il n'y a pas eu d'orage météorologique en France le 28 mars 1946, et que le 21 septembre 1951 l'enregistrement continu du champ électrique atmosphérique au voisinage du sol, à l'Observatoire de Chambon-la-Forêt, n'indique aucun nuage orageux à 9 h, moment où la nébulosité était très faible (le ciel fut serein le reste de la journée, par vent du NE). La durée d'insolation mesurée au moyen de l'héliographe de Campbell confirme d'ailleurs ces observations. D'autre part, la station du Parc Saint-Maur n'a enregistré aucune secousse séismique aux instants envisagés. De plus, les traces que de telles secousses laissent parfois sur les magnétogrammes ne peuvent pas être confondues avec celles dont il est question ici, malgré une certaine similitude, par un observateur tant soit peu exercé. Il semble donc que le phénomène enregistré soit essentiellement lié à l'orage magnétique, ce que pourraient confirmer, à l'avenir, dans des cas semblables, des enregistrements à marche très rapide faits en des stations plus ou moins éloignées.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les échanges gazeux respiratoires des feuilles de* Bryophyllum Daigremontianum *Berger, en présence d'atmosphères aux pressions d'oxygène échelonnées.* Note de M. **Alexis Moyse**, présentée par M. Raoul Combes.

Les échanges gazeux, à l'obscurité, des feuilles de *Bryophyllum Daigremontianum*, pendant la phase nocturne, en présence de pressions d'oxygène échelonnées, sont étudiés. La fixation d'O_2 est une fonction logarithmique de la pression externe de ce gaz, l'émission de CO_2 est toujours très faible et ne se manifeste d'une manière constante qu'en présence d'O_2 pur.

Les échanges gazeux de tissus ou d'organes chlorophylliens, en présence d'atmosphères à tensions d'oxygène variées, et à l'obscurité, ont déjà été

étudiés à plusieurs reprises. Mayer et coll. ([1]), Mitchell et coll. ([2]), ont établi que la consommation d'oxygène est d'autant plus faible que la tension de ce gaz est plus petite. Il en est de même de l'émission de gaz carbonique. Ces diminutions ne se manifestent pas de la même manière pour les deux gaz et pour des organes appartenant à des espèces différentes.

J'ai repris l'examen de ce problème, avec des feuilles de *Bryophyllum Daigremontianum* Berger., étudiées pendant la période nocturne, au cours de laquelle ces feuilles n'émettent pratiquement pas de CO_2, et j'ai étendu cet examen aux hautes tensions d'oxygène.

Les feuilles sont prélevées sur des pieds appartenant au même clone et cultivés en serre, puis placées dans des enceintes, en atmosphère confinée. Le vide est fait, et les enceintes sont remplies d'une atmosphère convenable. La pression partielle d'azote ou d'oxygène est déterminée de façon telle, qu'après pénétration de l'air dans les enceintes, pour ramener la pression de leur gaz à la pression atmosphérique, les teneurs en oxygène soient les suivantes : 1, 2, 5, 10, 21 (atmosphère ordinaire), 40, 60, 80 %.

Les variations des teneurs en oxygène des atmosphères ainsi constituées sont inférieures à 4 % des valeurs indiquées ci-dessus. De plus, des enceintes sont préparées avec de l'azote purifié seul ($O_2 < 0,1$ %), et avec de l'oxygène purifié seul.

Après un temps convenable, les gaz sont extraits, puis analysés selon les techniques de L. Plantefol, permettant d'obtenir une précision de 0, 01 %. Des atmosphères témoins sont également analysées.

Deux séries d'expériences comprenant chacune l'examen simultané de deux lots ont été faites :

Première série : le 8 octobre 1951, avec des feuilles n° 3 (comptées à partir du sommet de la plante) de 10 cm $\pm$ 0,5 de longueur, la durée du séjour à l'obscurité étant de 14 h 30 $\pm$ 0 h 30, à 17° C.

Deuxième série : le 22 octobre, avec des feuilles n° 2 de 8 cm $\pm$ 0,5 de longueur, la durée du séjour à l'obscurité étant de 15 h 45 $\pm$ 0 h 30, à 17° C.

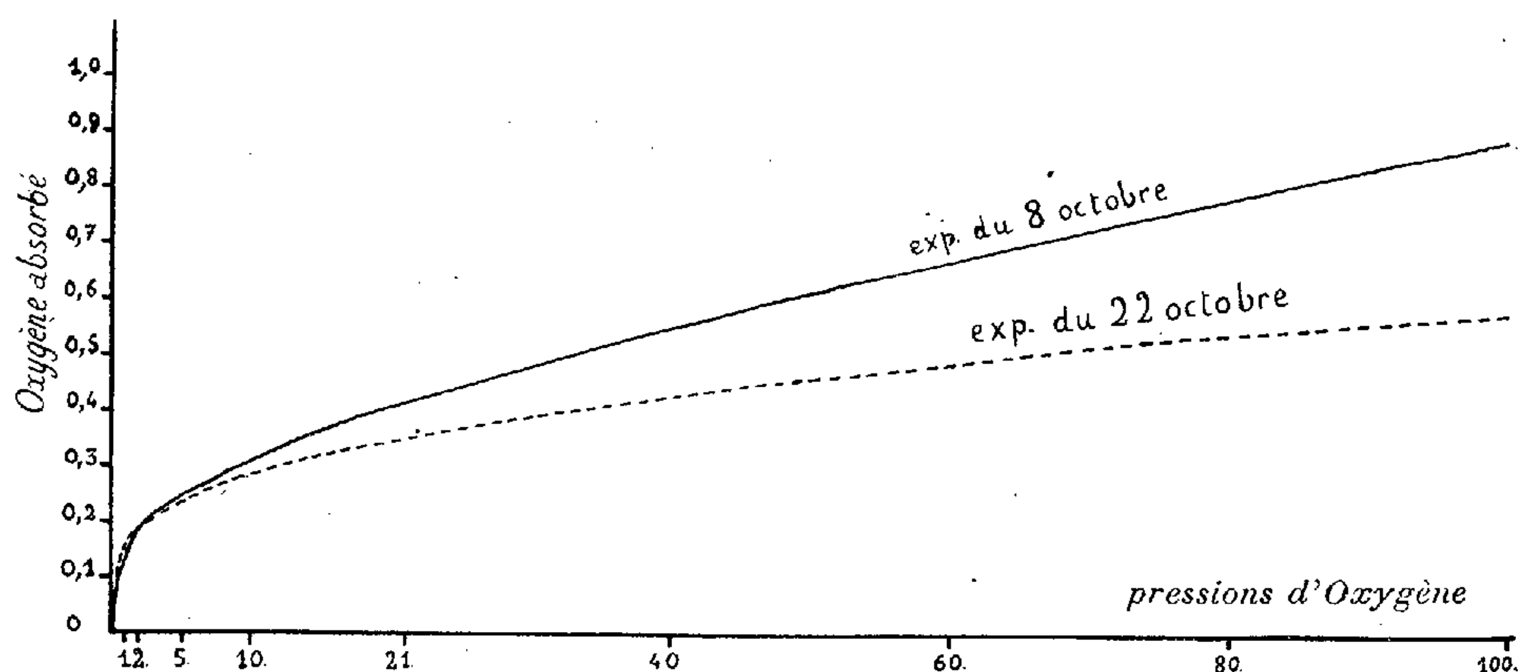
a. L'absorption d'oxygène. — Les deux courbes suivantes représentent les résultats moyens de ces deux séries, l'oxygène absorbé étant calculé en centimètres cubes par heure et par gramme de substance sèche, ramené à la température de O° C et à la pression de 760 mm de Hg.

La consommation de l'O_2 croît très rapidement d'abord avec l'augmentation de la pression. Pour la pression de 1 %, tout l'oxygène n'est pas nécessairement consommé. Pour la pression de 2 %, il en restait entre 1,21 et 1,41 %, dans l'expérience du 8 octobre, entre 0,15 et 0,60 % dans l'expérience du 22 octobre.

([1]) L. Chevillard, F. Hamon, A. Mayer et L. Plantefol, *Ann. Physiol. et Physico-chim. biol.*, 6, 1930, p. 464-505.

([2]) J.-E. Mitchell, R.-H. Burris et A.-J. Riker, *Amer. J. Bot.*, 36, 1949, p. 368-378.

L'accroissement est moins rapide pour les pressions plus élevées, sans toutefois jamais s'annuler. Il n'est donc pas possible, pour ces organes, de définir une « pression critique », à partir de laquelle l'absorption d'O_2 serait constante.



b. Le dégagement de gaz carbonique. — Le dégagement de CO_2 est toujours très faible. Il est inconstant jusqu'à la pression de 80 %, plus fréquent en présence des hautes pressions qu'en présence des faibles, et ne dépasse pas 0,02 cm^3 : h : g de substance sèche. Il n'est constant qu'en présence de l'atmosphère d'O_2 pur, et atteint alors 0,05 cm^3 en moyenne.

La fixation d'oxygène, par les feuilles de *Bryophyllum Daigremontianum*, dans la phase du métabolisme nocturne, croît donc avec la pression d'oxygène de l'atmosphère externe, selon une fonction logarithmique. Elle n'a pas atteint son maximum dans l'atmosphère ordinaire. L'émission de gaz carbonique n'est régulière qu'en présence d'oxygène pur, elle est toujours très faible.

Des recherches ultérieures tenteront de préciser s'il s'agit d'une absence réelle de formation du gaz carbonique, ou d'une absence d'émission, due à une reprise de ce corps dans le métabolisme, à l'obscurité.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une forme particulière de décarboxylation biologique. Propriétés et nature du catalyseur de décarboxylation de l'acide mésoxalique.* Note de Mme **Geneviève Brunel-Capelle**, présentée par M. Raoul Combes.

Le catalyseur thermostable de décarboxylation de l'acide mésoxalique est identifiable à une protéine à groupements thiols actifs.

La décarboxylation par la levure de bière de l'acide mésoxalique, à l'exclusion de son sel de sodium, est due à un catalyseur thermostable [1]. La carbo-

[1] *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1480.

xylase n'intervient pas dans le processus car les propriétés décarboxylantes de la levure sèche sont exaltées si on la porte, au préalable, en milieu aqueux à la température de l'ébullition pendant 15 minutes, traitement qui détruit irréversiblement l'enzyme de Neuberg.

L'étude de l'activité du catalyseur en fonction de la réaction du milieu montre que l'absence de décarboxylation, constatée par Wetzel avec la levure sèche, a pour origine l'emploi d'un tampon de pH trop élevé. La décarboxylation du cétodiacide est maximum à pH 2,2 et la nature du mélange tampon présente une influence notable. Après 15 heures les pourcentages de substrat transformé par un insoluble de levure haute sont de 79,6 à pH 2,2 (phosphate-acide citrique), 61,1 à pH 2,2 (citrate-HCl), 56,7 à pH 2,61 (glycocolle-HCl) et 38,1 à pH 2,2 (biphtalate-HCl). Au delà et en deçà de ces pH optima, l'activité du catalyseur diminue rapidement comme le montrent les résultats obtenus avec le tampon citrate-ac. chlorhydrique.

Valeur du pH........	1,17	1,42	1,93	2,27	2,97	3,36	4,65
Ac. mésoxalique décarboxylé (%)........	20,4	34,8	57,3	61,6	55,7	47,5	10,5

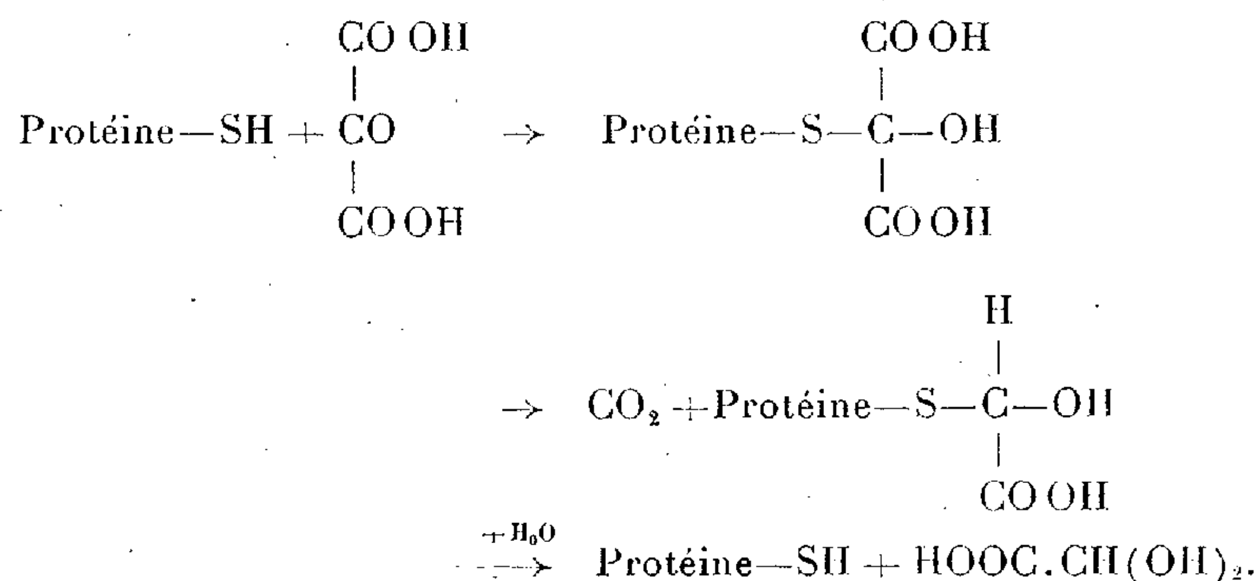
La vitesse de décarboxylation augmente avec la température. Le tableau ci-après donne les pourcentages de substrat décarboxylé à pH 2,2 (tampon phosphate-ac. citrique) après des temps variables.

Temps d'action (h).	Températures (°C) 29.	39.	49.	59.
2....................	4,6	15,0	34,0	57,5
5....................	10,0	33,5	72,5	100
9....................	17,5	51,5	97,0	–

Les fractions insolubles présentant seules des propriétés décarboxylantes, nous avons recherché quels pouvaient être les constituants de la levure intervenant dans le phénomène. Nous avons étudié le glutathion, tripeptide fortement lié aux protéines de la levure. L'examen des résultats consignés dans le tableau ci-dessous montre que le glutathion (à 38° et à pH 2,2) décarboxyle le cétodiacide et que seule, parmi les acides aminés entrant dans sa constitution, la cystéine possède la même propriété. Par ailleurs, la cystine et l'aneurine n'ont aucun pouvoir décarboxylant.

Substances étudiées.	Acide mésoxalique décarboxylé (%). 2,30 h.	4 h.	8 h.	11 h.
Glutathion..............	9,4	13,9	27,2	35,3
l(–) Cystéine. HCl......	15,2	22,5	27,2	31,6
Glycocolle..............	0	0	0	0
Acide *d*-glutamique......	0	0	0	0

Les groupements thiols actifs des protéines de la levure sont donc responsables de la décarboxylation de l'acide mésoxalique, la réaction s'effectuant par l'intermédiaire d'un composé d'addition : une semimercaptone.



Aux propriétés biologiques déjà si importantes des groupes thiols des protéines vient s'ajouter celle de catalyseur de décarboxylation.

MORPHOLOGIE EXPÉRIMENTALE VÉGÉTALE. — *Éléments d'une modernisation et d'une justification de la théorie de la métamorphose foliaire*. Note de M. **Pierre Gavaudan** et Mlle **Germaine Debraux**, transmise par M. Robert Courrier.

La synthèse des faits morphologiques normaux et tératologiques, l'emploi des moyens expérimentaux chimiques, l'intégration de certaines données des théories nouvelles, permettent, dans un cadre élargi et rajeuni, de conserver à la théorie classique une valeur incontestable.

Les insuffisances de la théorie classique, dues à un défaut de méthode générale et d'esprit de synthèse et surtout à l'absence de preuves expérimentales, ont engendré des théories nouvelles avec les notions de modifications méristématiques, de croissance « *torale* » ou « *zonale* ». Au terme de cette évolution, les théories de l' « *autonomie florale* » [Grégoire (1), Plantefol (2)] affirment l'existence d'une irréductible coupure entre les parties végétative et sexuée des Angiospermes. On n'acceptera pas sans discussion des conclusions aussi importantes pour la Biologie générale, au moment où s'accumulent des résultats expérimentaux qui leur sont contraires.

Nous limitant à la critique de quelques-unes de ces conclusions (2), nous montrons que l'on ne peut accepter : 1° une définition phyllotaxique des phyllomes excluant, *a priori*, certaines pièces florales; 2° une séparation

(1) *La cellule*, 47, 1935, p. 285.

(2) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 11e série, 1947, p. 33-186.

entre les sépales et le reste de la fleur; 3° un rejet de la notion de sporophylle chez les Angiospermes. Examinons ces propositions étroitement interdépendantes.

1° Ball (³) a montré, et nous confirmons, que les hétéroauxines perturbent la phyllotaxie et soudent les feuilles de *Tropæolum majus*; mais ces changements n'autorisent pas à nier la valeur foliaire des formations symphylles. De même, l'arrêt des spirales phyllotaxiques dans un calice *n'est que l'expression de la perturbation hormonale de la croissance végétative*. On doit admettre que les phénomènes « *végétatifs* » ne cessent pas après le calice et que l'on ne doit pas en séparer la naissance d'appendices quelconques, c'est-à-dire aucune ontogénèse, même modifiée. Les Aïzoacées possédant un appareil végétatif gamophylle réduit à deux feuilles, montrent, dès le calice, une curieuse excitation de croissance produisant un nombre élevé de phyllomes formant la fleur. Le blocage phyllotaxique n'est pas une frontière entre le « *végétatif* » et le « *sexué* », mais un épiphénomène accompagnant la multiplication insolite des phyllomes et l'absence dedéveloppement d'une tige. La validité de cette interprétation est prouvée dans les paragraphes suivants.

2° La morphologie comparée et la tératologie des phyllomes interdisent, en effet, de séparer le calice du reste de la fleur : l'étude de nombreuses « *surfleurs* » d'*Hibiscus syriacus* et de *Tropæolum majus* nous a prouvé l'homologie des sépales et des carpelles. Nous reviendrons sur ces considérations qui assimilent certains sépales à un premier cycle carpellaire avorté.

3° La négation de l'existence des sporophylles chez les Angiospermes et l'attribution d'un caractère *sui generis* aux étamines et aux carpelles se heurtent à tous les faits normaux et tératologiques permettant de localiser la sporogénèse sur certains métamères des phyllomes [en général sacs polliniques sur métamère supérieur, ovules sur métamère inférieur (*Rosa*) ou sur métamère supérieur (*Tropæolum majus*, *Sisymbrium Alliaria*)].

Des expériences en cours nous ont aussi montré que certaines substances induisent la réduction du limbe ou la scyphogénie, accidents du métamère supérieur que l'on retrouve, avec la diplophyllie, dans de nombreux phyllomes (feuilles, pétales, staminodes) soit normalement, soit tératologiquement; on rapprochera ces perturbations des mêmes anomalies foliaires, induites avant la floraison, de *Bergenia crassifolia* sous l'influence probable des hormones de floraison.

On entrevoit aussi l'explication des gynécées syncarpes puisque l'acide 2.3.5-triiodobenzoïque induit par gamophyllie des appareils plus ou moins clos contenant le méristème apical [*Bryophyllum* (⁴), *Impatiens Balsamina* (recherches en cours)].

(³) *Symposia of the Soc. of exp. Biol.*, n° 2, Growth, 1948, p. 246-252.

(⁴) P. Gavaudan, G. Debraux et J. Antigny, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1216.

Ajoutons que les nouvelles théories de l' « *autonomie florale* » ne peuvent expliquer, ni la régularité du plan structural de ceux des staminodes qui ne sont pas des chimères, ni le développement des surfleurs où des carpelles peuvent jouer le rôle de calice vis-à-vis de la fleur du second ordre.

Enfin, nos expériences sur *Lilium candidum* (5) montrent une continuité remarquable entre bulbille et fleur, résultat à rapprocher de la « *confusion* » entre carpelle et sépale qui vient d'être évoquée et des conclusions de Harder (6) dont les expériences sur *Kalanchœ Blossfeldiana* prouvent aussi que *stades végétatifs et reproductifs sont liés par une série de transitions continues*.

Nous concluons que la théorie de la métamorphose foliaire peut être traduite en termes de physiologie hormonale et, plus généralement, de morphologie expérimentale. Les objections soulevées par les théories nouvelles avec la croissance « *torale* », la genèse des corolles gamopétales et des ovaires syncarpes, contredisant l'idée de *soudure d'ébauches* postulée par les intuitions de la théorie de la métamorphose, s'intégreront cependant à cette thèse classique. En effet, nous pensons avec Stebbins (7) qu'au cours de l'évolution les gènes et l'action des hormones ont été responsables de l'acquisition héréditaire de modifications de l'ontogénie des phyllomes (croissances « *torale* » ou « *zonale* », « *allométrique* », etc.).

L'expérimentation appuie cette conception puisqu'elle prouve la possibilité de perturber la phyllotaxie des phyllomes, la morphologie et les rapports de taille de leurs métamères, par des modifications ontogéniques provoquant des métamorphoses homologues dans les appareils foliaire et floral sans que l'on puisse nier l'existence de parties correspondant à des phyllomes libres ou associés.

BIOLOGIE CELLULAIRE VÉGÉTALE. — *Phénomènes nucléaires observés dans l'embryon de blé soumis à l'action des basses températures, dans des conditions analogues à celles de la vernalisation*. Note de Mlle **Pierrette Lamardelle**, présentée par M. Robert Courrier.

Les résultats que nous avons obtenus sur le ralentissement expérimental de la prophase par des agents chimiques (1) nous ont conduite à rechercher si les basses températures pouvaient provoquer les mêmes phénomènes et si l'embryon de blé refroidi était le siège de modifications nucléaires

(5) P. Gavaudan et G. Debraux, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1057.
(6) *Symposia of the Soc. of exp. Biol.*, n° **2**, Growth, 1948, p. 116-138.
(7) *Columbia Biol. Ser.*, n° **16**, 1950, p. 1-643.

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1540; **233**, 1951, p. 1055.

susceptibles de changer le rythme mitotique au moment de la reprise de l'activité caryocinétique.

Les expériences ont été réalisées sur des embryons de blé de printemps (Vilmorin, var. *Fylgia*). Les graines gonflées 24 h et germées le même temps à 18° ont été maintenues à 3° pendant 20 jours. Des prélèvements effectués au cours du traitement ont permis d'assister dans les gemmules et les radicules à l'apparition progressive et à l'accumulation de figures préprophasiques précédemment décrites. Après 20 jours de traitement à 3°, 26 % environ des noyaux des gemmules sont bloqués à ce stade. Les résultats sont analogues à ceux obtenus après l'action des divers agents chimiques et d'une anoxie partielle ([1]).

Une partie des graines ainsi traitées, semées en pleine terre en même temps qu'un lot témoin, a présenté les caractéristiques de sujets vernalisés (feuilles plus larges, chaume axial plus trapu, épis plus riches en grains que chez les témoins). Le reste des graines, réparti en plusieurs lots a subi différents traitements pendant 30 h à 20° dans les conditions indiquées ci-après. Nous avons utilisé la méthode à la colchicine pour rendre plus clairs les résultats concernant le pourcentage des noyaux en division au cours de ces 30 h.

1er *lot :* graines *sur papier filtre* imbibé d'eau distillée.

2e *lot :* graines *sur papier filtre* imbibé d'une solution de colchicine à 1/1000.

3e *lot :* graines *immergées* dans l'eau distillée.

4e *lot :* graines *immergées* dans une solution de colchicine à 1/1000 Parallèlement, nous avons placé dans les mêmes conditions 4 lots de graines témoins, germées précédemment durant 48 h. Des fixations d'embryons ont été effectuées toutes les 6 h pendant 30 h, dans les différents lots témoins et traités, et ont servi aux examens cytologiques.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1er *lot.* — Nous avons tout d'abord noté un ralentissement du développement des gemmules et des radicules des embryons traités par rapport à celles des embryons témoins. La numération des stades de la caryocinèse dans la gemmule nous a révélé les différences suivantes entre traités et témoins :

Le nombre des *préprophases* décroît chez les embryons vernalisés de 20 % après 6 h à 20°, à 6 % après 30 h, tandis que chez les embryons témoins il se maintient au voisinage de 3,5 %.

Le nombre des autres *stades de la division*, sauf la télophase, est supérieur chez les embryons vernalisés à partir de la 18e heure (vernalisés : 18,9 %, témoins 14,5 %).

Le nombre des *télophases*, par contre, reste à chaque prélèvement très inférieur chez les embryons vernalisés (vernalisés : 1,4 %, témoins 4 % après 30 h à 20°).

2e *lot.* — Le traitement par la colchicine nous a permis de dénombrer tous les noyaux qui pendant les 30 h de séjour à 20° ont été le siège d'une activité mitotique. Les résultats obtenus sont analogues en ce qui concerne les *préprophases :* ches les embryons vernalisés leur nombre diminue lentement jusqu'à 6 % après 30 h de séjour à 20°. Le nombre des prophases et des diverses *formes stathmocinétiques* correspondant aux autres stades de la division reste très inférieur dans les gemmules d'embryons vernalisés où les mitoses se déclenchent donc à une cadence beaucoup plus lente que chez les témoins (59,6 % des noyaux d'embryons témoins et 24,3 % seulement des noyaux d'embryons vernalisés sont entrés en division durant les 30 h).

3e *et* 4e *lots.* — Les embryons vernalisés sont tués dans l'eau distillée après 36 h de séjour à 20° et 18 h dans la solution de colchicine à 1/1000, tandis que les embryons témoins subissent seulement un retard du développement, ce qui indique chez les premiers une plus grande sensibilité au milieu liquide et à la colchicine.

Interprétation des résultats. — Le petit nombre de télophases dénombrées dans le lot I vernalisé paraît en désaccord avec le nombre élevé des autres divisions; l'explication nous en est fournie par le traitement à la colchicine qui révèle un ralentissement de tous les stades de la division nucléaire, chacun ayant une durée plus longue que la normale.

Il semble bien que les noyaux bloqués en préprophase pendant le traitement à 3° soient seuls capables d'entrer en division durant les premières heures de la reprise d'activité. Leur liquidation s'achève seulement après 30 h. L'accumulation des stades préprophasiques, en augmentant la masse totale d'hétérochromatine dans l'embryon, modifie le rapport normal entre les constituants de cette substance (acides nucléiques, histones, etc.) et les autres constituants cellulaires.

Nous signalons ces perturbations cellulaires qui trouvent leur place dans l'étude du phénomène de vernalisation, à côté de diverses modifications biochimiques et cytologiques qui ont déjà été décrites ([2]), ([3]).

([2]) R. DAVID, *Act. Sc. et Ind.*, **1013**, 1946, p. 89-174.

([3]) Débats sur la vernalisation (Mémoires publiés par la *Société Botanique de France*, 1950-1951, p. 67-81).

GÉNÉTIQUE VÉGÉTALE. — *Sur la méiose de quelques hybrides d'Iris* Apogon. I. *Hybrides* Sibiricæ, Chrysographes, Californicæ *et* Setosæ. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par Louis Blaringhem.

L'examen de la méiose de quelques hybrides *Apogon* : *Sibiricæ*, *Chrysographes*, *Californicæ* et *Setosæ* permet de préciser les relations cytotaxonomiques de ces groupes. Les hybrides intergroupes ont une méiose irrégulière et sont stériles, alors que ceux réalisés dans un même groupe ont une méiose normale et sont fertiles. Des modifications chromosomiques « structurales » existent, notamment chez les hybrides *Sibiricæ*.

Il existe chez les Iris *Apogon* des espèces parmi les groupes *Sibiricæ : orientalis*, *sibirica* à $n = 14$, *Chrysographes : Bulleyana chrysographes*, *Delavayi*, *Forresti*, *Wilsoni*, *Douglasiana*, *tenax* à $n = 20$ et *Setosæ : setosa* à $n = 19$ qui s'intercroisent assez aisément. En général, ces plantes sont assez délicates et les premiers hybrides de Dykes et Perry, par exemple, ont presque complètement disparu des jardins.

Nous avons pu en refaire quelques-uns tout en obtenant des combinaisons nouvelles : *sibirica* × *orientalis* (et inverse) à $2n = 28$, *Delavayi* × *chrysographes* (et inverse), *chrysographes* × *Forresti*, *Delavayi* × *Forresti*, *Delavayi* × *Wilsoni*, *Forresti* × *Wilsoni* (et inverse), *Douglasiana* × *tenax*, *Douglasiana* × *Bulleyana* (et inverse), *Douglasiana* × *Forresti* (et inverse), *Delavayi* × *tenax*, *tenax* × *chrysographes* à $2n = 40$; *sibirica* × *Delavayi*, *Wilsoni* × *orientalis*, *Delavayi* × *orientalis*, *chrysographes* × *orientalis*, *Douglasiana* × *orientalis* et *tenax* × *orientalis* à $2n = 34$, *sibirica* × *setosa*, *orientalis* × *setosa* à $2n = 33$ et *tenax* × *orientalis* à $2n = 39$. La plupart d'entre eux ont déjà été signalés [1] et la méiose de certains a pu être étudiée.

Sibiricæ : chez l'*I. sibirica* × *orientalis* à $2n = 28$, $n = 14$ se trouve dans 37 % des cellules, mais aussi, à côté des bivalents, il peut exister quelques univalents, des trivalents (18 % des cellules) et des tétralents (34 %), soit par cellule, une moyenne de 0,4 univalents, 12,9 bivalents, 0,2 trivalents et 0,3 tétravalents, c'est-à-dire 27,6 éléments conjugués pour 13,4 configurations chromosomiques. Une association pentavalente et une autre hexavalente ont été observées chez l'hybride inverse.

Chrysographes; $n = 20$ est présent dans 82 % des cellules de l'*I. Wilsoni* × *Delavayi* et dans les autres cellules de rares univalents et multivalents ont été décelés, c'est-à-dire 0,2 univalents, 19,7 bivalents, 0,1 trivalent et 0,02 tétravalents, soit 39,7 éléments conjugués pour 19,8 configurations; $n = 20$ est encore prédominant à la MI des *I. Delavayi* × *Forresti*, *Forresti* × *Wilsoni* et *Douglasiana* × *tenax*.

Par contre, l'*I. Bulleyana* × *Douglasiana*, également à $2n = 40$, montre des irrégularités très importantes, la moitié environ des éléments restent

non conjugués, soit en moyenne, par cellule, 20,1 univalents, 9,2 bivalents et 0,5 trivalents, c'est-à-dire 19,9 éléments conjugués pour 9,7 configurations. L'hybride inverse et l'*I. Forresti* × *Douglasiana* ont un comportement méiotique assez semblable.

Sibiricæ × *chrysographes :* c'est également une conjugaison très faible qui est caractéristique chez les *I. sibirica* × *Delavayi* et *Wilsoni* × *orientalis* à $2n = 34$, soit respectivement par cellule, une moyenne de 15,4 et 18,5 univalents, 7,7 et 7,3 bivalents, 1,0 et 0,3 trivalents et 0,06 tétravalents chez le premier, c'est-à-dire 18,5 et 15,5 éléments conjugués pour 8,7 et 7,6 configurations.

Sibiricæ × *Setosæ :* chez les *I. sibirica* × *setosa* et *orientalis* × *setosa* à $2n = 33$ l'accouplement est encore plus faible, parfois nul dans quelques cellules, soit respectivement, par cellule, une moyenne de 25,7 et 20,7 univalents, 3,2 et 5,3 bivalents, 0,3 et 0,4 trivalents, 0,02 et 0,1 tétravalents, soit 7,3 et 12,2 éléments conjugués pour 3,5 et 5,8 configurations.

Chrysographes × *Setosæ :* l'*I. tenax* × *setosa* à $2n = 39$ n'a été étudié que dans quelques cellules; l'asyndèse est aussi présente et le nombre des univalents en général très élevé (19-39), la conjugaison la plus fréquente est $4_{II} + 3_{II}$.

Ces divers examens permettent de déceler des affinités intéressantes d'ordre caryologique, génétique et phylogénique.

Au sein d'un même groupe, les hybrides *Sibiricæ* ont une conjugaison très forte. Par contre, chez les *Chrysographes* elle est, soit normale ou presque, soit irrégulière indiquant que l'affinité est grande ou très grande chez les premiers, comme chez les *Sibiricæ*, faible ou très faible chez les seconds comme chez les hybrides intergroupes. Or, dans ce groupe, qui correspond à la réunion d'espèces voisines *Sibiricæ* et *Californicæ* ayant un même idiogramme à $n = 20$, la classification proposée n'apparaît pas satisfaisante (*loc. cit.*). La méiose est précisément normale, et les hybrides fertiles, entre espèces d'un même groupe *Chrysographes* (*Wilsoni* × *Delavayi*, *Delavayi* × *Forresti* et *Forresti* × *Wilsoni*) ou *Californicæ* (*Douglasiana* × *tenax*), tandis que le comportement est irrégulier, et les hybrides stériles, lorsqu'ils sont réalisés entre espèces de groupes différents : *Chrysographes* × *Californicæ* (*Bulleyana* × *Douglasiana*, *Forresti* × *Douglasiana*). Ces divers comportements méiotiques confirment donc la valeur de certaines caractéristiques morphologiques, auxquelles s'ajoutent d'ailleurs des différences géographique et écologique. En maintenant dans le groupe *Chrysographes* les espèces *Sibiricæ* asiatiques à $n = 20$ (*Bulleyana chrysographes*, *Delavayi*, *Forresti*, *Wilsoni*) et en regroupant parmi les *Californicæ* celles de l'Ouest américain à $n = 20$ (*Douglasiana*, *tenax*) on satisfait les relations cytogénétique, taxonomique, écologique et géographique.

Quant aux hybrides intergroupes *Sibiricæ* × *Chrysographes*, *Sibiricæ* × *Setosæ* et *Californicæ* × *Setosæ*, leur conjugaison est faible ou très faible, et la stérilité la règle, tout comme pour les *Chrysographes* × *Californicæ*; et elle est d'autant plus faible que les espèces parentes sont plus éloignées (*sibirica* × *setosa*, *orientalis* × *setosa* et *tenax* × *setosa*); Dykes a en effet placé les groupes *Sibiricæ* et *Californicæ* d'une part, et *Setosæ* d'autre part, aux deux extrémités de sa classification des *Apogon*.

L'existence d'associations en chaîne aussi importantes chez les *Sibiricæ* est inattendue : les parents ne sont pas polyploïdes, sans polyvalents à leur méiose, bien que $n = 14$ soit un nombre élevé chez les *Iris* dont le chiffre de base est 4. Ce comportement, semblable à celui des hybrides *Pogoniris* grands diploïdes ([1]), doit être attribué à des changements de structure chromosomique : translocations, par exemple.

MYCOLOGIE. — *Disposition hémi-chiastobasidiée chez quelques* Théléphoracées. Note de M. **Jacques Boidin**, présentée par M. Roger Heim.

L'auteur décrit le type hémi-chiastobasidié, intermédiaire entre les types chiasto- et stichobasidiés, et caractérisé par un premier fuseau plus ou moins longitudinal et des secondes divisions apico-transverses. Cette disposition se rencontre chez les *Peniophora* section *Coloratæ* et chez quelques *Glœocystidiellum* à spores amyloïdes.

Les importants travaux de Juel en 1898 ([1]), puis de R. Maire en 1902 ([2]), accordèrent une très grande valeur à la disposition des fuseaux de division du noyau diploïde de la baside. Ceux-ci, le premier et les deux seconds, sont, le plus souvent, disposés transversalement à l'apex de la baside (type *chiastobasidié*); chez quelques Chanterelles, Clavulines, etc., le premier fuseau est longitudinal et se situe plus bas, les secondes divisions ont lieu à des hauteurs différentes (type *stichobasidié*). L'importance donnée par Juel à ces caractères a été déniée par la suite, non peut-être sans quelque raison. Rappelons, par exemple, que Maire a figuré un premier fuseau longitudinal chez *Peniophora quercina* (Pers.), alors qu'il décrit *Radulum lætum* Fr., c'est-à-dire *Peniophora hydnoidea* (Pers.) Donk comme chiastobasidié; cependant, ces deux espèces sont actuellement, et à juste titre, rangées dans les *P.* section *Coloratæ*, un des groupements les mieux définis des Théléphoracées.

L'observation de coupes colorées de *P. hydnoidea* montre facilement des fuseaux de la seconde division apico-transverses, mais une étude

([1]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, **16**, 1934, p. 229; *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 650.

([1]) *Jahrb. f. Wiss. Bot.*, **32**, 1898, p. 361.

([2]) *Thése*, Paris, 1902.

minutieuse permet de déceler à quelque distance de l'apex, à peu près au niveau du sommet des basidioles, des fuseaux de la première division longitudinaux ou, du moins, fortement redressés. De même, à côté de fuseaux de la première division longitudinaux ou presque, on observe, chez *P. quercina*, des secondes divisions tout à fait apico-transverses comme chez les espèces les plus typiquement chiastobasidiées. Trois récoltes de *P. aurantiaca* (Bres.) nous ont aussi montré à la fois des premiers fuseaux longitudinaux ou très obliques et des seconds apico-transverses. Il en est de même chez *P. incarnata* (Pers.) et *cinerea* (Fr.).

Les résultats de nos investigations cytologiques nous amènent donc, tout en confirmant les observations de Maire, à les compléter et à décrire un mode intermédiaire de disposition des fuseaux de division, que nous proposons de nommer *hémi-chiastobasidié*. En effet, nous sommes plus tentés de rapprocher cette disposition du type chiasto- que du type stichobasidié : les secondes mitoses sont parfaitement *apicales* et *transversales*, alors que la position des premiers fuseaux est parfois tout à fait longitudinale, mais souvent plus ou moins oblique; en outre, ceux-ci ne sont jamais très éloignés du sommet de la baside.

Nous avons montré antérieurement que les glœocystides des *P.* section *Coloratæ*, ainsi que celles des *Glœocystidiellum* à spores amyloïdes [section *Amyloïdea* Bourd. et Galz. plus *Gl. lactescens* et *alutaceum* (3)] se colorent sous l'action des réactifs sulfoaldéhydiques (4). On est en droit de se demander si un tel parallélisme se poursuivrait dans la disposition des fuseaux. *Gl. lactescens* (Berk.) est typiquement *hémi-chiastobasidié*. *Gl. alutaceum* (Schrad.) montre, à côté de rares premières divisions transversales imparfaitement apicales, de nombreux premiers fuseaux très obliques ou tout à fait longitudinaux; les secondes divisions sont apico-transverses. Il apparaît donc comme un terme de passage au type chiastobasidié. Par contre, *Gl. luridum* (Bres.) et *porosum* (Berk. et Curt.) sont nettement chiastobasidiés.

Nous avons pu mettre en évidence une *troisième division* à la fois chez les espèces chiasto- et hémi-chiastobasidiées (5); elle peut avoir lieu, soit dans le haut de la baside, dans les stérigmates ou dans la spore jeune, soit seulement dans la spore mûre : dans les trois premiers cas, les basidiospores sont projetées uninucléées alors que quatre noyaux résiduels redescendent dans la baside en dégénérescence; il en est ainsi chez *P. hydnoïdea*, *quercina*, *cinerea* et *Gl. porosum*; dans le dernier cas, la spore

(3) *Bull. Soc. Linnéenne Lyon*, 19e année, 6, 1950, p. 133 et 7, p. 152.

(4) *Bull. Soc. Naturalistes Oyonnax*, 5, 1951, p. 72-79.

(5) L'existence d'une troisième division semble, en effet, très générale chez les Homobasidiomycètes, *cf.* R. Kuhner, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 618.

est binucléée et il n'y a pas de noyaux résiduels : c'est ce que nous avons observé chez *P. incarnata, aurantiaca, Gl. lactescens, alutaceum* et *luridum*.

Les *Peniophora Coloratæ* forment un groupe très évolué et relativement homogène dont toutes les espèces étudiées par nous sont *hémi-chiastobasidiées*. Les *Glœocystidiellum* à spores amyloïdes, eux aussi notablement évolués, comportent des espèces *chiasto-* et *hémi-chiastobasidiées* reliées entre elles par le *Gl. alutaceum*. Il semble difficile de faire dériver de ces deux groupes l'ensemble des *Théléphoracées* et nous considérons les espèces hémi-chiastobasidiées comme provenant de types chiastobasidiés. Les espèces stichobasidiées représenteraient un stade évolutif encore plus avancé; cette évolution se serait effectuée parallèlement dans des séries diverses, ce qui expliquerait l'absence de liens entre les diverses espèces à premier fuseau longitudinal ou très oblique : *Cantharellus, Clavulina, Hydnum repandum* (1), (2), *Sistotrema confluens* Pers. (6), *Mycena rubromarginata* Fr. (7) et *Exobasidium Andromedæ* Karst. (2). Le groupe des stichobasidiés serait alors un *groupe artificiel de convergence* et non, comme le pensait R. Maire, un groupe primitif.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Sur la flore des Algues de l'étang de Vaccarès.* Note de M. **Robert Lami**, présentée par M. Roger Heim.

L'étang de Vaccarès, vaste pièce d'eau saumâtre de 6 500 ha, est situé entre les deux principaux bras du Rhône et un ancien cordon de dunes dont les îles des Rièges sont les restes. Peu profond, soumis à une forte insolation estivale et à des vents intenses et fréquents, il présente de fortes variations thermiques et salines; en outre, recevant, par des roubines, les eaux de percolation des rizières, fort développées dans la région depuis quelques années, ses eaux semblent chimiquement assez peu homogènes. Ces caractères écologiques, très accentués et très variables dans le temps, expliquent la pauvreté de sa flore algale.

En dehors des Algues planctoniques, des Diatomées et des Cyanophycées limicoles qui forment sur la partie vaseuse de ses rives une association à *Microcoleus* et *Lyngbya*, analogue à celle des marais salants, cette flore est réduite, au début de l'été, à quelques Chlorophycées, une Bangiale et une Rhodophycée.

Des Chlorophycées, *Chætomorpha Linum* (Müll.) Kütz. est le plus abondant; il occupe des hectares et est souvent rejeté par centaines de tonnes sur le rivage où il pourrit. Dans quelques petites anses abritées, mais

(6) R. Kuhner, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1068.
(7) R. Kuhner, *Le Genre* Mycena (*Fries*), Paris, 1938.

soumises à un faible clapotis, il forme, tout en demeurant bien vivant, des ægagropiles sphériques atteignant la grosseur du poing. Deux ou trois espèces de *Cladophora* se rencontrent mais sous des formes écologiques rendant leur détermination spécifique incertaine. L'une d'elles, fixée sur les pierrailles ou les tessons de poterie romaine, est si fortement incrustée de calcaire qu'elle en est cassante. Le *Cladophora fracta* Kütz. a été rencontré en touffes libres flottantes sans doute entraînées dans l'étang par les eaux de percolation des rizières où il est commun. Dans certaines stations, notamment dans les herbiers de *Ruppia*, les *Cladophora* prennent une teinte noirâtre, coloration due à la fixation de sels de fer par le mucilage que sécrètent des Diatomées (*Coconeis* sp.) qui recouvrent presque totalement les filaments de ces Algues. *Enteromorpha intestinalis* Link., fixé sur les pierres, est assez commun au débouché des roubines; il y présente souvent des formes très élargies simulant le port des Ulves. Cet Entéromorphe est lui aussi fortement incrusté de calcaire dans certaines stations, mais non partout. La localisation des individus calcifiés, parallèle à celle des *Cladophora* calcifiés, nous semble l'indice de variations locales de la teneur en calcium de l'eau littorale de l'étang. *Monostroma orbiculatum* (Thur.) Hamel n'a été rencontré que rarement au voisinage des Phragmitaies.

La seule Bangiale observée, *Asterocystis ornata* (Ag.) Hamel, espèce d'eau saumâtre d'un beau bleu, fort rarement signalée en France, est assez commune sur les *Cladophora.*

Ceramium diaphanum (Roth) Harv., commun dans les étangs méditerranéens, est la seule Rhodophycée rencontrée. Il se montre abondamment parasité par *Endoderma viride* (Reinke) Lagerh. En juin 1951, il était d'une abondance extraordinaire, fixé sur les feuilles et les rhizomes des *Ruppia* et sur des Salicornes totalement submergées par suite d'une élévation récente de l'eau de l'étang.

Si le nombre des espèces observées apparaît bien réduit, en revanche, celui des individus est considérable; certains *Chætomorpha* et *Ceramium*, notamment, forment des peuplements extrêmement denses.

PHYTOCHIMIE. — *Chromatographie de partage sur papier des sapogénines stéroliques.* Note de M. **Charles Sannié**, Mme **Suzanne Heitz** et M. **Henri Lapin**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'analyse des saponosides à noyau stérolique est restée jusqu'à maintenant très difficile sur de petites quantités de plantes, parce qu'il n'existe aucune réaction colorée spécifique des sapogénines qui les constituent. Aussi n'a-t-on jamais tenté de leur appliquer la technique si élégante de chromatographie de partage sur papier mise au point par Consden, Gordon et Martin en 1944 pour l'identification des aminoacides dans un mélange de ces substances, et si large-

ment employée depuis à l'analyse de nombreux autres constituants des êtres vivants.

Presque toutes les réactions colorées du noyau stérolique qui ont été décrites sont obtenues en présence de SO_4H_2 concentré; il est évident que de tels réactifs se prêtent mal à la révélation de spots sur papier, surtout s'il faut chauffer. Notre premier soin a donc été de mettre au point une réaction suffisamment sensible pour révéler quelques centièmes de milligrammes, suffisamment spécifique pour pouvoir être utilisée sur des extraits végétaux bruts, et dont les constituants ne coloreraient pas ni ne détruiraient le papier employé.

Nous avons pris comme point de départ les recherches de Woker et Antever ([1]), de K. Miescher ([2]) et surtout de Sanchez ([3]) sur les hétérosides cardiotoniques, enfin ceux de Noller ([4]) sur les sapogénines triterpéniques. Deux réactions nous ont donné des résultats satisfaisants; voici comment nous opérons :

Une goutte d'une solution d'une sapogénine stérolique (à 1 ‰ dans l'alcool à 96°) est disposée sur un papier filtre; on évapore le solvant, puis on pulvérise sur le papier d'abord une solution alcoolique à 1 % d'un aldéhyde aromatique, puis après dessiccation un mélange de 12 cm³ d'anhydride acétique et 1 cm³ de SO_4H_2 concentré. Après séchage, la tache de sapogénine apparaît en jaune clair sur le fond blanc du papier.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les aldéhydes anisique et cinnamique, et avec la vanilline; avec le *p*-diméthylaminobenzaldéhyde la tache est rose sur un fond vert jaunâtre. Le cholestérol et l'ergostérol donnent des taches rouges ou bleues, les hétérosides cardiotoniques (cymarine, digitaline) des taches bleues.

Mais les résultats sont meilleurs avec la réaction de Carr et Price pour le calciférol. $SbCl_3$ en solution chloroformique saturée humide donne avec les sapogénines étudiées une tache jaune ou rouge orangé.

La technique est très simple; on peut à volonté employer la méthode descendante ou la méthode ascendante, celle-ci étant plus simple. Le papier qui nous a donné les meilleurs résultats est le n° 1030 des papeteries d'Arches; le Whatman n°1 convient aussi, bien que les positions des spots ne soient pas tout à fait les mêmes.

Après chromatographie, les spots sont révélés, de préférence en pulvérisant en un fin brouillard sur toute la surface du papier, soit l'aldéhyde et l'anhydride acétique sulfurique, soit $SbCl_3$.

La première difficulté à laquelle nous nous sommes heurtés a été la prépa-

---

(1) *Helv. Chim. Acta*, 23, 1939, p. 5, 11, 47, 511, 666, 1309.
(2) *Helv. Chim. Acta*, 22, 1946, p. 743.
(3) *Semana medica*, Buenos-Aires, 11, 1936, p. 151.
(4) *J. Amer. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 3047.

ration des sapogénines. Les deux seules dont on nous a donné un échantillon sont la gitogénine et la tigogénine; nous avons dû préparer nous-mêmes la diosgénine (et la gitogénine qui l'accompagne) du Fenugrec, la sarsasapogénine de la salsepareille du Mexique, la digitogénine par hydrolyse de la digitonine, enfin la tigogénine par réduction de la diosgénine par PtO_2.

Malgré nos demandes, il nous a été impossible d'avoir des échantillons des sapogénines isolées par Marker des plantes mexicaines. Nos résultats ne sont donc valables actuellement que pour les génines précédentes; nous espérons du reste les étendre aux autres corps qu'il nous sera possible de nous procurer.

Le choix du solvant, essentiel, a donné lieu à de multiples essais. Il faut exclure toute trace d'alcool; en présence même de faibles quantités, les génines suivent toutes le front du solvant. Le mélange qui permet les meilleures séparations est constitué par 50 cm³ d'essence purifiée (PE = 80 — 120°), 10 cm³ de $CHCl_3$ et 0,5 cm³ de CH_3COOH.

Ce mélange sépare mal la diosgénine de la tigogénine, mais la révélation avec $SbCl_3$ humide fait apparaître en rouge la tache inférieure de diosgénine, et au-dessus la tache jaune de la tigogénine. On pourrait du reste améliorer la séparation par l'emploi d'autres mélanges solvants, ou par chromatographie bidimensionnelle.

Comme la diosgénine possède exactement la même constitution structurelle et stérique que la tigogénine, dont elle ne diffère que par une Δ en 5-6, on pouvait penser que la coloration rouge orangé avec $SbCl_3$ était due à une insaturation de la molécule. C'est le noyau qui doit être insaturé, et non la chaîne latérale, car la pseudogitogénine préparée à partir de la diosgénine donne une tache jaune et non rouge.

Il semble donc, sous réserve d'expériences plus nombreuses, que la réaction à $SbCl_3$ puisse apporter des informations intéressantes sur la structure des sapogénines séparées par chromatographie sur papier.

HISTOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la lignification du collenchyme dans le pétiole de Carotte.* Note de M. **Pierre Nobécourt** et Mlle **Marie-Thérèse Papier**, présentée par M. René Souèges.

Si l'on effectue des coupes dans des pétioles de Carotte rouge cultivée, complètement développés, on y trouve des massifs de collenchyme angulaire qui présentent fréquemment une curieuse particularité.

En effet, si l'on procède à la coloration de ces coupes par le carmin aluné et le vert d'iode (carmino-vert Mirande), on remarque que, dans un certain nombre de cellules de ces massifs collenchymateux, la partie la plus interne de la membrane se colore très nettement en vert, la partie externe se colorant en rose. C'est surtout dans les régions les plus éloignées de l'épiderme que se trouvent ces cellules, qui forment des groupes au sein

du collenchyme normal; quelques-unes de ces cellules peuvent aussi se rencontrer, plus ou moins isolées, dans les régions externes des massifs collenchymateux.

La présence inattendue de cette zone interne colorable par le vert d'iode fait supposer qu'il s'agit d'une partie lignifiée ou subérifiée. Mais le rouge Soudan ne donne aucune coloration; il ne s'agit donc pas de subérification. Par contre, le bleu de méthylène colore les mêmes zones que le vert d'iode.

Le sulfate d'aniline et la réaction de Mäule laissent souvent incolore la partie de la membrane colorable par le vert d'iode et le bleu de méthylène. Mais, dans des pétioles très âgés, ces colorants agissent efficacement. Ceci cadre avec les résultats de recherches, encore inédites, qui nous ont montré que ces réactions colorées ne sont positives que sur des membranes dont la lignification est suffisamment avancée, tandis que les colorations au vert d'iode et au bleu de méthylène se produisent plus précocement.

Nos observations nous ont montré que ces cellules à zone interne lignifiée dérivent de cellules normales du collenchyme angulaire qui se transforment progressivement : les couches internes de la membrane se lignifient peu à peu et cette lignification se fait en direction centripète. La zone interne de la membrane ainsi lignifiée change en même temps de forme : le contour de la cavité cellulaire, qui était constitué par un polygone à côtés plus ou moins concaves, tend à devenir circulaire. On a, finalement, une sorte d'anneau lignifié d'épaisseur sensiblement égale sur tout son pourtour, entouré par une paroi pectocellulosique épaissie dans les angles. Des coupes longitudinales montrent d'ailleurs que la lignification s'étend sur toute la longueur de la paroi de la cellule. Les auteurs, qui avaient étudié précédemment la marche de la lignification dans les membranes, avaient constaté qu'elle s'effectue progressivement, de l'extérieur vers l'intérieur, en commençant par la lamelle mitoyenne. Le processus que nous venons de décrire est complètement différent.

Nous avons recherché si ce phénomène de lignification du collenchyme peut se retrouver chez d'autres Ombellifères. Des coupes de pétioles ont ainsi été effectuées dans les espèces suivantes : *Apium graveolens* L., *Buplevrum junceum* L., *Cerefolium sativum* Bess., *Cnidium apioides* Spreng., *Levistichum officinale* Koch., *Petroselinum sativum* Hoffm., *Sison Amomum* L., *Torilis Anthriscus* Gmel., *Seseli Hippomarathrum* Pall.

Toutes ces plantes nous ont montré uniquement un collenchyme angulaire présentant les réactions colorées des membranes pectocellulosiques, sans traces de lignification. Chose curieuse, nous n'avons pas pu retrouver la lignification du collenchyme dans des pétioles de Carotte de variété blanche cultivée, ni dans ceux de *Daucus Carota* L. sauvage. D'autre part, ce phénomène paraît n'avoir été décrit avant nous dans aucune plante, et semble spécial aux pétioles adultes des Carottes rouges cultivées.

CHIMIE BIOLOGIQUE VÉGÉTALE. — *Activités respiratoires des végétaux supérieurs. V. Présence de cytochrome-oxydase dans les chloroplastes; réduction du cytochrome C dans la réaction de Hill.* Note de MM. **Albert Jean Rosenberg** et **Gaston Ducet**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'activité cytochrome-oxydasique des feuilles vertes et sa localisation dans les chloroplastes est connue ([1]), ([2]). Elle a été démontrée par la réoxydation par les chloroplastes de cytochrome C réduit. Une autre manière de prouver son existence est d'étudier cette activité en atmosphère d'oxyde de carbone avec ou sans illumination. En effet, on sait que la cytochrome-oxydase est inhibée par CO et que cette inhibition cesse à l'illumination, par la dissociation du complexe CO — cytochrome-oxydase. En fait, si l'on met les chloroplastes dans une atmosphère de 95 % CO + 5 % O_2, l'absorption d'oxygène dans l'appareil de Warburg, en présence de paraphénylènediamine ou acide ascorbique + cytochrome C, est inhibée, et cette inhibition devient réversible sous l'effet de la lumière (*fig.* 1).

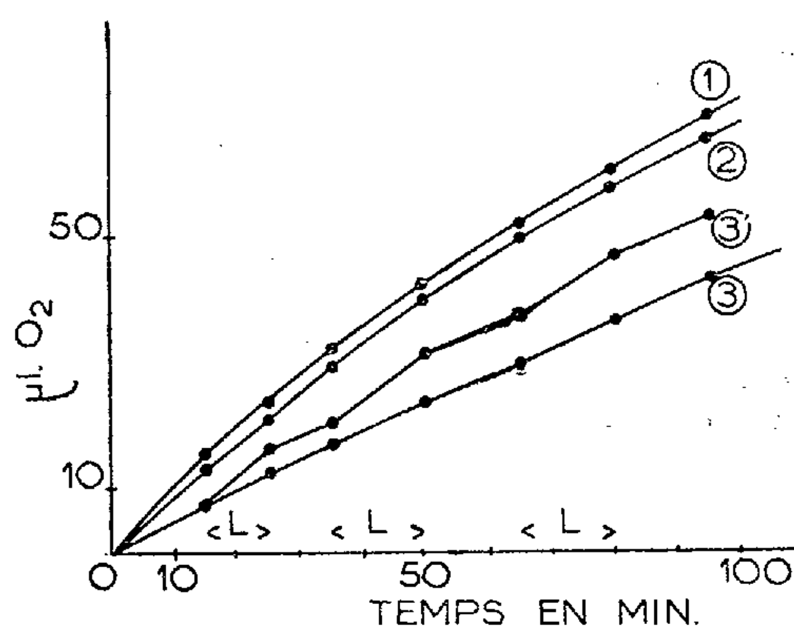


Fig. 1. — Contenu des fioles : 1 ml; suspension de chloroplastes (Soja) dans glucose M/2 : 1 ml; tampon PO_4M/5, 7,4; 0,2 ml Cyt, C. 2,6.10^{-4} M; 0,2 ml. paraphénylènediamine M/10; 0,6 ml eau distillée. Atmosphères : courbe 1 : 95 % N_2, 5 % O_2; courbe 2 : 80 % N_2, 20 % O_2; courbe 3 : 95 % CO, 5 % O_2. L : périodes d'éclairement de la fiole de la courbe 3' (lampe à ruban de tungstène 10 V, 18 A).

Il est à remarquer que les feuilles entières sous forme de rondelles ne donnent pas la réaction cytochrome-oxydasique; celle-ci n'est obtenue qu'avec le broyat de feuilles ou, encore mieux, avec les chloroplastes.

L'inhibition de la cytochrome-oxydase par le CO et la réversion de

(1) A. J. Rosenberg et G. Ducet, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 391.

(2) Bhagvat et Hill, *New Phytol.*, 50, 1951, 112.

cette inhibition par la lumière peuvent être également démontrées à l'aide du spectrophotomètre de Beckmann, en suivant la réoxydation du cytochrome C réduit à 550 mμ. En effet, en ajoutant du cytochrome C préalablement réduit à une suspension de chloroplastes dans laquelle on fait barboter un mélange de 95 % CO + 5 % O_2, l'oxydation du cytochrome C réduit est fortement inhibée (courbe 3, *fig.* 2). En illuminant des cuves 45 s, l'inhibition cesse; le cytochrome C réduit s'oxyde à la même vitesse que dans le témoin. On obtient ces courbes à condition de prendre soin d'ajouter du phényluréthane M/150 dans les cuves pour inhiber la photosynthèse (réaction de Hill).

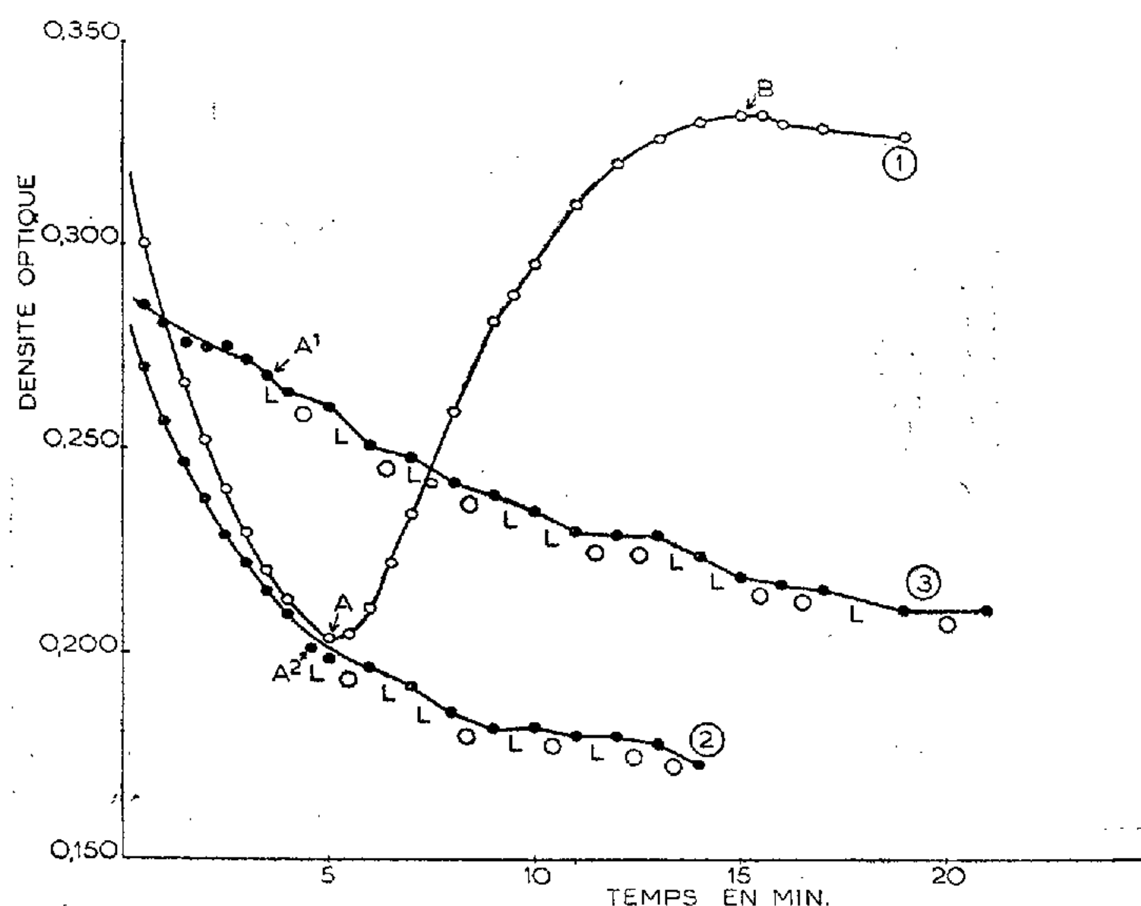


Fig. 2. — Contenu des cuves : courbe 1 : 2,5 ml Cyt. C réduit; 0,5 ml. tampon PO_4 M/5 7,4; à l'instant 0, 0,05 ml. suspension de chloroplastes (tabac). Courbe 2, comme courbe 1 en présence de phényluréthane M/150 concentration finale. Courbe 3, comme courbe 2, avec barbotage préalable d'un mélange 95 % CO, 5 % O_2. L : périodes d'illumination (débute en A, A_1 et A_2). Courbe 1 : illumination de A à B, obscurité après B. O : périodes d'obscurité.

Si l'on n'ajoute pas le phényluréthane, on a la courbe 1 (*fig.* 2) pour le témoin (donc sans CO et sans phényluréthane). Cette courbe traduit à l'illumination une nouvelle réduction du cytochrome C partiellement réoxydé.

Cette réduction du cytochrome C à l'illumination peut s'expliquer par la réaction de Hill dans laquelle le cytochrome C joue le rôle d'accepteur d'hydrogène. Mais, d'après nos expériences, il ne semble pas que le cytochrome C soit directement réduit dans la réaction de Hill. En effet, la présence du seul bisulfite, produit d'oxydation de l'hydrosulfite utilisé

pour la réduction du cytochrome C, détermine cette réduction du cytochrome C à l'illumination (3).

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du jus de Tomate sur la croissance des tissus de crown-gall cultivés* in vitro. Note de M. **Jean P. Nitsch**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La croissance des cultures de tissus de crown-gall est stimulée par le jus de Tomate comme elle l'est par le lait de coco. A dose très élevée, le jus de Tomate inhibe au lieu de stimuler.

Au début de nos recherches sur la culture *in vitro* de fruits charnus (1), nous avons signalé l'action stimulante du jus de Tomate sur la croissance des ovaires de tomates. Nous avons constaté par la suite que l'addition de jus de Tomate au milieu de Gautheret stimulait également la croissance de tissus de crown-gall d'*Helianthus annuus* (souche P III de De Ropp). Des essais plus complets ont été effectués sur deux autres souches de tissus de crown-gall isolées par Morel, à savoir *Nicotiana tabacum* et *Opuntia monacantha*.

Le milieu de base contenait les composés suivants : sels minéraux de Knop à la dose 1/2 préconisée par Gautheret (2), éléments oligodynamiques et citrate ferrique employés par Nitsch (3), saccharose (4 %), cystéine (10^{-5}), gélose (1 %) et certaines vitamines (4). Du jus de tomates mûres (filtré sur coton) a été ajouté au milieu de base dans les proportions de 0, 5, 10, 25 et 50 %. Le pH de chaque milieu a été ajusté à 5,0 avec de la potasse (électrode de verre). Après avoir été répartis dans les tubes, les milieux furent stérilisés 16 mn à l'autoclave. Les tubes furent ensemencés avec des fragments cylindriques de 4 mm de diamètre et 3 mm de hauteur

(3) Holt et French (*Arch. Bioch.*, **19**, 1948, p. 368) ont essayé sans succès l'emploi du cytochrome C comme accepteur dans la réaction de Hill. Mehler, récemment (*Arch. Bioch.* 33, 1951, p. 65), prétend avoir, dans cette même réaction, observé et suivi à 550 mμ au spectrophotomètre de Beckmann la réduction du cytochrome C en présence de HCN. D'après lui, HCN serait nécessaire pour inhiber la cytochrome-oxydase. Nos résultats nous permettent de nous demander si le HCN n'est pas avant tout un intermédiaire, au même titre que le bisulfite par lequel se fait la réduction du cytochrome C.

(1) J. Nitsch, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 445.

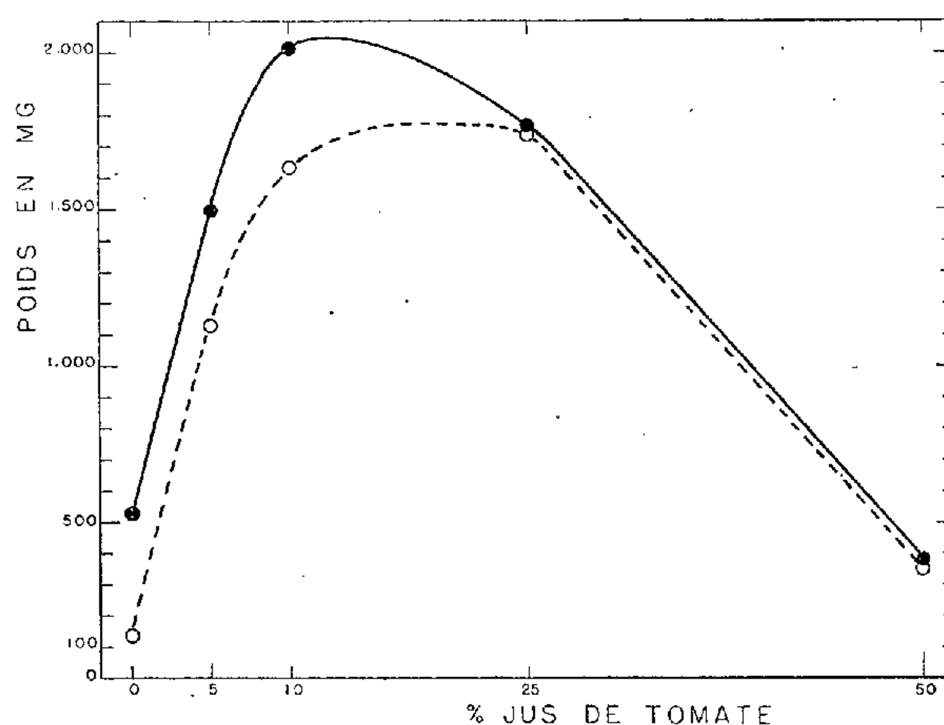
(2) *Manuel technique de culture des tissus végétaux*, Masson, Paris, 1942.

(3) *Amer. J. Bot.*, **38**, 1951, p, 566-577.

(4) Dans le cas de *N. tabacum* : thiamine (10^{-6}), pyridoxine (10^{-6}, acide nicotinique (5.10^{-6}), riboflavine (5.10^{-7}), pantothénate de Ca (5.10^{-6}), acide folique (10^{-7}), biotine (10^{-8}), choline (10^{-6}), acide para-aminobenzoïque (5.10^{-7}), inositol (10^{-5}). Dans le cas de *O. monacantha* : thiamine (10^{-6}), pyridoxine (10^{-6}), acide nicotinique (5^{10-6}).

découpés au moyen d'une perceuse à bouchons stérile. Chaque explantat pesait initialement 25 mg environ (poids frais).

Les cultures sur les milieux additionnés de jus de tomates poussèrent d'abord plus lentement que les témoins, mais au bout de deux à trois semaines, elles se mirent à pousser beaucoup plus vite. Cinq semaines



Influence de la concentration du jus de tomates sur la croissance des tissus de crown-gall de *Nicotiana tabacum* (courbe en trait plein) et d'*Opuntia monacantha* (courbe en tirets). Ordonnées : poids frais moyen des cultures de *N. tabacum* après 5 semaines de culture (moyennes de 6 cultures) et des cultures d'*O. monacantha* après 9 semaines (moyennes de 10 cultures).

après la plantation, le poids frais moyen de chaque culture de *N. tabacum* était de 2 016 mg avec 10 % de jus de tomates au lieu de 430 mg sans jus de tomates; neuf semaines après la plantation, il était de 1743 mg pour chaque culture d'*O. monacantha* avec 25 % de jus de tomates contre 138 mg sur le milieu de base, soit environ dix fois plus élevé. L'effet du jus de tomates est nettement visible sur les courbes ci-jointes. La concentration optimum pour la croissance semble devoir se placer entre 10 et 25 %. Au delà de 25 %, le jus de tomates se montre toxique et les cultures, qui ont très belle apparence à 5 ou 10 %, deviennent brunâtres et friables à 50 %

Duhamet ([5]) a signalé que l'addition de lait de coco au milieu synthétique de Gautheret stimule la croissance des tissus de crown-gall. La présente Note montre qu'un autre extrait de plante, le jus de Tomate, exerce aussi une action excitoformatrice puissante sur des tissus du même type.

([5]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 770.

FAUNISTIQUE. — *Peuplement mammalien des îles atlantiques françaises : Ouessant*. Note de M. **Henri Heim de Balsac**, présentée par M. Maurice Caullery.

Comme suite à deux Communications antérieures [1], nous venons de poursuivre la prospection d'Ouessant. Son peuplement restait inconnu; de son étude se détachent des données inattendues d'ordre évolutif, paléogéographique et écologique.

Ouessant [2] doit être comparée aux milieux insulaires de Belle-Ile et d'Yeu (Groix et Sein restent inexplorées) et non aux formations tout à fait littorales que sont Noirmoutier, Oléron et Ré. Sensiblement les mêmes pour Yeu, Belle-Ile et Ouessant, sont l'éloignement du continent, le substrat rocheux et le climat. Toutefois, Ouessant peut revendiquer un isolement plus complet, du fait de la profondeur du fossé qui l'entoure (60 m par endroits).

Le peuplement mammalien d'Ouessant est très pauvre comparé à celui de Belle-Ile; manquent, en effet, Taupe, Hérisson et toute espèce de Campagnol. L'île d'Yeu occupe une position intermédiaire, en possédant Taupe et un Campagnol. Les éléments positifs d'Ouessant sont : un Chiroptère, sans doute migrateur *P. pipistrellus*, le Lapin de garenne, le Surmulot, la Souris, un Mulot (du groupe *sylvaticus*) et une Musaraigne du genre *Crocidura*. Rat et Souris sont manifestement importés; le Lapin a, sans doute, été importé lui aussi, dans un but de chasse. Nous pensons que le Mulot lui-même a été transporté avec les denrées. Lapin et Mulot ont d'ailleurs une distribution générale telle dans les îles, qu'ils perdent toute valeur biogéographique. Reste la Musaraigne, type du Mammifère qui ne saurait être transporté, ni franchir de bras de mer.

La Crocidure d'Ouessant constitue un sujet de déductions du plus vif intérêt. Il s'agit d'un type spécifique disparu du continent. Par contre, il se rapproche de la Crocidure de l'île d'Yeu, que nous avons dénommée : *C. oyaensis*. Les caractères externes (coloration, longueur de la queue), le crâne, les dents (3ᵉ unicuspide, grosse prémolaire et son paracône) sont du même type. Toutefois, existent quelques différences de détail qui, jointes à l'isolement, justifient une distinction et une dénomination d'ordre racial :

Crocidura uxantisi nov. subsp. — Diffère de *C. oyaensis* par l'abaissement du rostre (prémolaire et première unicuspide subégales) et une teinte légèrement plus claire (6 spécimens examinés).

---

(1) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 212 et 296.

(2) Nous avons prospecté Ouessant, à l'exclusion des îles et îlots voisins.

Il y a tout lieu de penser que la Crocidure des îles Sorlingues (= Scilly, Cornouaille) *C. cassiteridens* Hinton, se rattache au même type spécifique que celui des deux îles françaises.

La similitude des Crocidures insulaires d'Yeu et d'Ouessant (et sans doute des Sorlingues) constitue un fait important, d'où se déduisent des conséquences multiples. C'est d'abord un exemple remarquable de fixité morphologique, en dépit de l'isolement des populations; car on ne saurait, valablement, admettre une évolution identique dans trois îles différentes et éloignées. Les Musaraignes d'Yeu, Ouessant et Sorlingues apparaissent donc comme une entité spécifique et non pas comme des vicariants des espèces continentales actuelles (*C. leucodon* et *C. mimula*), dont elles se rapprochent le plus. Ici, l'isolement n'a pas réalisé ce type spécifique particulier; il l'a conservé beaucoup plus qu'il ne l'a modifié. Il n'a permis qu'une microévolution dans la courbure du rostre. On doit admettre que ce type fut continental avant de devenir insulaire. Sur le continent, son extinction doit être le fait d'une fécondité différentielle, bien plus que d'une compétition écologique : Une ♀ gravide (6-9-51) ne portait qu'un seul fœtus à terme ([3]). Si cette unique observation ne peut tenir lieu de règle, elle ne constitue pas moins une forte présomption de fécondité réduite par rapport aux Soricidés continentaux, qui portent normalement 4 à 6 fœtus.

La présence de *C. cassiteridens* aux Sorlingues, alors qu'aucune Crocidure n'existe plus dans les autres îles britanniques, situe son arrivée durant le dernier interglaciaire, au plus tard. Le peuplement des Sorlingues, d'Ouessant et d'Yeu a dû se faire pendant cette période, au cours de la grande régression médioquaternaire. Le cas des Musaraignes d'Yeu et d'Ouessant apporte une donnée nouvelle dans l'histoire géologique de la formation de la côte océane. Belle-Ile et Houat ont, en effet, reçu du continent deux Musaraignes banales et actuelles : *C. russula* et *Sorex minutus insulæ-bellæ* H. de B. (cette dernière à peine différenciée). L'isolement de Yeu et Ouessant s'avère donc antérieur à celui de Belle-Ile et de Houat (et, *à fortiori*, de Noirmoutier, Ré et Oléron). La Musaraigne d'Ouessant fournit encore une notion nouvelle d'ordre éco-éthologique. Sa répartition est singulière dans l'île. Comme biotope naturel, nous n'avons trouvé que les bancs ou dépôts de galets, à la limite de la zone intercotidale.

L'animal circule dans les interstices des pierres et établit son nid sous les plus grosses. Son alimentation est essentiellement formée ici de Talitres (qui pullulent sous les pierres) au point que les fèces de la Musaraigne présentent une teinte rougeâtre due au pigment caroténoïde du Crustacé. Comme biotope créé par l'Homme doivent être citées les murettes et les

([3]) Une ♀ de *C. russula* de l'île de Ré (10-8-39) portait cinq fœtus.

habitations. Dans les landes à bruyères et ajoncs, de même que dans les prairies, aucune trace de Musaraignes n'a été relevée. C'est l'absence à Ouessant de Mammifères fouisseurs (Taupe, Campagnols) qui conditionne le non peuplement de ces biotopes par les Musaraignes, celles-ci ne pouvant creuser que les sols très meubles (sable). Sur les aires continentales, où abondent les fouisseurs, les Soricidés sont passés de leurs biotopes primitifs (éboulis et couche morte végétale) aux réseaux de galerie des Taupes et des Campagnols. Ainsi l'établissement d'une Biocénose entre Musaraignes et Rongeurs a permis l'extension de l'Insectivore et à son seul bénéfice, car il est prédateur des Rongeurs néonates. Ouessant fournit aux écologistes la démonstration du rôle inédit des fouisseurs dans la préparation du terrain qu'occuperont les Soricidés.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'émission des gamètes chez* Chlamys varia *L.* (*Moll. Lamellibr.*). Note de M. **Pierre Lubet**, présentée par M. Maurice Caullery.

Galtsoff (1938, 1940) a montré que, chez l'Huître de Virginie (*Gryphæa virginica*), la ponte et l'éjaculation sont déclenchées par des substances émises par les gamètes du sexe opposé. D'autres recherches (Nelson, 1940, 1949) ont confirmé ses conclusions et précisé la nature de certaines des substances ainsi sécrétées. Mais il restait, entre autres problèmes, à étudier celui de la séquence et de l'enchaînement normal des phénomènes.

Mes recherches ont porté sur *Chlamys varia* L., où les individus adultes sont gonochoriques. Une biopsie de la gonade permet de déterminer son degré de maturité et son sexe. Des observations comparatives montrent que l'époque de la ponte n'est pas modifiée par les conditions de l'élevage au laboratoire.

1. Au début de la période de maturité, on place, dans trois bacs séparés, de même volume, d'une part 100 mâles, de l'autre 100 femelles, dans le troisième 50 mâles et 50 femelles et, à des dates rapprochées, on détermine *le nombre d'individus n'ayant pas encore émis leurs gamètes*. Le tableau ci-dessous résume les résultats :

Date.	100 mâles.	100 femelles.	50 mâles +	50 femelles.
9 mai	100	100	50	50
2 juin	100	100	28	37
3 »	100	100	1	3
4 »	100	100	0	0
10 »	100	100	0	0
20 »	95	97	0	0
30 »	3	27	0	0

On constate ainsi que : *a.* les individus isolés ne libèrent leurs gamètes qu'avec un grand retard par rapport à l'élevage mixte; *b.* le sperme semble être émis plus facilement que les ovules.

2. Les mâles mûrs et les femelles mûres sont placés dans deux bacs séparés, disposés de manière que l'eau, ayant alimenté l'un deux, se déverse dans l'autre.

a. Le bac « mâle » se déverse dans le bac « femelle ». Les premiers spermatozoides arrivant dans le bac des femelles déclenchent immédiatement leur ponte; l'éjaculation se produit anarchiquement, avec des retards identiques à ceux observés chez les mâles isolés de l'expérience précédente.

b. Le bac « femelle » se déverse dans le bac « mâle ». Au bout de quelques instants, et alors qu'aucune femelle n'a encore pondu, se déclenche l'éjaculation des mâles. La ponte est aussi tardive que dans le cas d'élevages séparés.

c. Les deux dispositifs précédents peuvent être combinés de manière à bien mettre en évidence la chronologie des phénomènes : dans trois bacs disposés en escalier et communicants, on place, à l'étage supérieur, des femelles, à l'étage moyen des mâles, et à l'étage inférieur d'autres femelles. Sans que se soit produite la ponte des femelles de l'étage supérieur, les mâles éjaculent aussitôt et leurs spermatozoïdes, dès qu'ils pénètrent dans le bac inférieur, y déclenchent la ponte des femelles.

Par conséquent, les phénomènes s'enchaînent ainsi : 1° l'ovaire mûr excrète une « fertilisine » qui déclenche l'éjaculation des mâles; 2° les spermatozoïdes éjaculés émettent une substance provoquant la ponte des femelles.

3. Des essais de broyats de différents viscères de la femelle montrent que seuls les ovocytes sécrètent la substance active. La ponte est provoquée identiquement par des broyats de spermatozoïdes congelés.

4. La technique de Nelson (1940) m'a permis de décéler dans des broyats de spermatozoïdes de *Chlamys* une substance identique à la « diantline » extraite du sperme de *Gryphæa angulata*, accélérant, chez les mâles, les mouvements ciliaires et intensifiant ainsi l'irrigation de la cavité palléale. Cette substance semble différente de celle qui déclenche la ponte, l'une et l'autre pouvant d'ailleurs représenter des complexes.

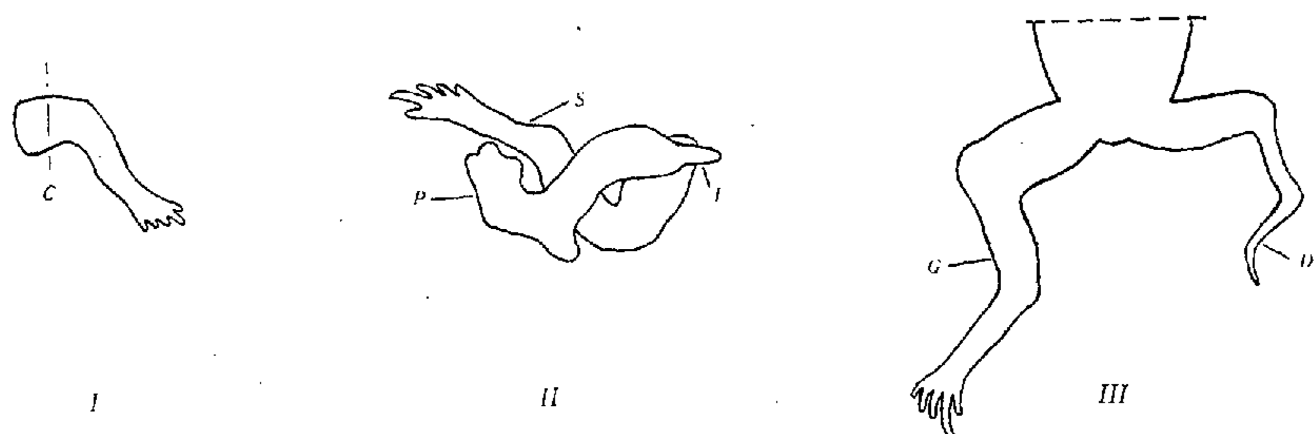
BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les possibilités de régénération chez le Crapaud accoucheur.* Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Entre divers moyens utilisés pour restaurer le pouvoir de régénération des membres de têtards, d'Anoures, Polezhayev et Ginzburg [1] ont réalisé

(1) *C. R. Acad. Sc. U.R.S.S.*, 23, 1939, p. 733.

des autotransplantations d'un des appendices et ont constaté que celui-ci pouvait régénérer alors que le symétrique conservé comme témoin ne le pouvait pas; cette différence proviendrait d'une « dédifférenciation » observée dans le premier cas et non dans le second et provoquée par la transplantation.

Dans une précédente Communication ([2]), nous avons défini, chez le têtard du Crapaud accoucheur, *Alytes obstetricans*, le stade limite de développement du membre postérieur et le niveau d'amputation où une régénération normale est encore possible (*fig.* 1).



I. Stade limite du pouvoir de régénération, C, au niveau de la section.

II. Double régénération provenant du greffon sur tête, P, régénérat primaire atypique; S, régénérat secondaire normal; I, segment de l'ilion.

III. Partie postérieure en vue dorsale d'un crapaud. G, membre gauche, régénérat normal; D, membre droit, régénérat atypique.

Partant de ces considérations, nous avons utilisé le même têtard, mais à un stade plus évolué, où donc la régénération se réalise moins aisément, et pratiqué des autotransplantations de membres postérieurs. Du côté gauche, le membre entier y compris son segment de ceinture pelvienne est supprimé. Il est transplanté sur la tête. Un ou deux jours après, il est sectionné au milieu de la cuisse; en même temps, le membre droit, à titre de témoin, est amputé au même niveau. Au total, 17 animaux ont été opérés.

Des résultats de cette expérimentation, trois types principaux de régénération sont à considérer :

I. En situation orthotopique, le membre gauche totalement supprimé est complètement régénéré, l'appendice néoformé est parfaitement constitué et fonctionnel (*fig.* 3).

II. Le membre droit (témoin) régénère, à partir de la section, un appen-

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1110.

dice mal conformé auquel il manque des parties plus ou moins importantes et qui est incomplètement fonctionnel (*fig.* 3).

III. Le greffon en position céphalique se modifie progressivement pour former un gros bourgeon conique. Vers son sommet, un bourgeonnement apparaît, c'est un régénérat (primaire) qui se développe en un membre atypique souvent très atrophié. Il est de latéralité gauche ([3]), correspondante à celle originelle du transplant (*fig.* 2).

La régénération du type III est analogue à celle du témoin (II). La transplantation préalable n'a donc pas été déterminante d'une meilleure régénération. L'examen histologique des parties supprimées des membres greffés, particulièrement au niveau de la section, montre que les greffons sont l'objet d'une dégénérescence importante, les structures tissulaires sont très altérées, les images de pycnoses sont nombreuses, seules quelques cellules, spécialement de caractère conjonctif, conservent une apparence de vitalité. De ce fait, à l'encontre du résultat escompté, les processus de « dédifférenciation » du greffon sont trop accentués, ils sont, en réalité, des phénomènes de mortification, ils ne permettent pas une régénération normale.

Toutefois, accessoirement dans cinq cas, de la base du gros bourgeon céphalique, un deuxième régénérat s'extériorise, il se développe en un membre normalement constitué de latéralité opposée au précédent, il est droit (*fig.* 3). La possibilité d'une régénération secondaire typiquement normale et d'une primaire déficiente, à partir du même greffon, laisse supposer, chez lui, des facteurs morphogénétiques différents. S'ils sont en relation avec les phénomènes de dégénérescence observés, celle-ci serait moins profonde dans la zone initiatrice du régénérat secondaire et en cela répondrait, dans ce cas, au but poursuivi de « dédifférenciation ».

La régénération du type I, après ablation totale du membre, elle aussi est normale. Sa réalisation comporte des conditions différentes des précédentes, elles ont été développées ailleurs ([4]).

Ainsi, chez le même individu, pour un même type d'organe, les régénérations s'établissent différemment selon le lieu où elles sont provoquées. Par cela est confirmé la notion que la régénération est avant tout un processus *local* et dans des limites assez étroites comme l'indiquent les doubles régénérations s'établissant à proximité l'une de l'autre.

([3]) Latéralité discernable dans les membres suffisamment développés.

([4]) LECAMP, *loc. cit.*, 1950.

RADIOBIOLOGIE. — *Autoradiographie par neutrons. Dosage du lithium dans les embryons d'Amphibiens.* Note de Mme **Adrienne Ficq**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

L'usage des émulsions nucléaires permet de doser et de localiser le Li à l'échelle microscopique dans les embryons d'amphibiens. Des coupes d'œufs et de blastulas traitées au Li montrent une concentration de l'ordre de 10^{-4} g : g. Le Li semble concentré dans le pôle animal.

On sait depuis longtemps que le LiCl exerce des effets spécifiques sur la morphogenèse des amphibiens : microcéphalie, cyclopie, absence de la chorde (1). Comme le mécanisme de l'action du Li sur les œufs demeure inconnu, il nous a paru utile d'essayer de déceler sa localisation dans l'embryon.

Nous avons donc tenté d'appliquer la méthode d'autoradiographie par irradiation neutronique (2) à l'étude de la distribution du Li dans l'embryon, après traitement par ce toxique.

Des œufs indivis d'axolotl, traités par une solution de LiCl à 1 % pendant 3 h, puis lavés de façon répétée, et des œufs témoins, ont été fixés par congélation et dessiccation à basse température, pour réduire les dangers de la diffusion des ions. Une couche d'émulsion Ilford « in gel form » de 100 μ environ (après séchage) a ensuite été coulée sur chaque préparation histologique épaisse de 10 μ.

Les plaques ainsi obtenues ont été exposées à la pile de Châtillon et ont reçu une dose de 10^9 neutrons : cm^2.

Pour éviter toute confusion avec les protons de la réaction $N(n, p)$, nous n'avons compté que les trajectoires de projection horizontale supérieure à 6 μ et partant de l'embryon.

Des trajectoires parasites en nombre assez important sont dues au Li contaminant le verre et l'émulsion, et aux protons de recul.

Le schéma montre un net enrichissement en Li dans l'embryon traité (A, embryon non traité; B, embryon traité).

Un calcul approximatif permet d'estimer à 10^{-8} g la teneur en Li de la coupe examinée, ce qui correspond à une concentration dans l'œuf de l'ordre de 10^{-4} g : g en supposant une répartition homogène du Li.

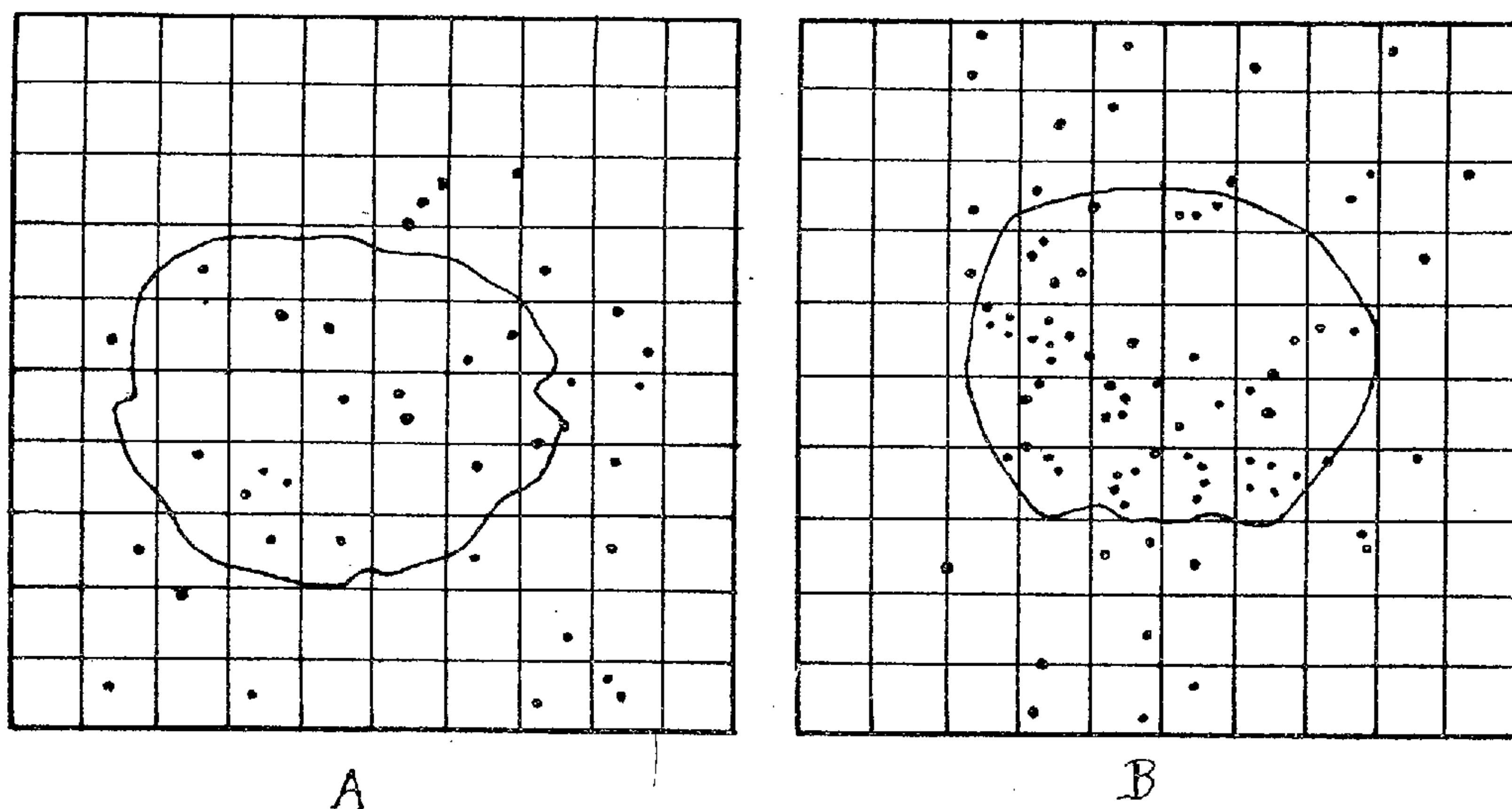
Nous avons appliqué le même traitement à des blastulas d'axolotl. Les coupes recouvertes d'émulsion ont été irradiées cette fois à 10^{10} neutrons : cm^2.

---

(1) F. E. Lehman, *Archiv. Entw. Mech.*, **138**, 1938, p. 323; S. Ranzi et E. Tamini, *Rendic. Istit. Lombardo Sci. Lett.*, 75, 1941, p. 324.

(2) I. Curie et H. Faraggi, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 959; E. Picciotto et M. Van S. Yvendael, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 855; C. Goodman et G. A. Hompson, *Am. Min.*, **28**, 1943, p. 457.

L'examen microscopique montre une concentration de l'ordre de 10^{-4} g:g également. 1500 trajectoires ont été comptées, réparties sur coupes. La moitié



de la coupe correspondant au pôle animal se montre systématiquement plus riche en Li : le rapport moyen du nombre de trajectoires comptées dans les deux pôles est de 1,4.

Cet essai préliminaire montre l'intérêt de la méthode. D'autres essais sont en cours pour confirmer et étendre ces résultats. Un contrôle est également effectué par voie spectrographique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Évolution des acides nucléiques de la moelle osseuse sous l'effet d'irradiation totale par rayons* X. Note (*) de MM. **Paul Mandel, Pierre Métais, Charles Gros** et **Raymond Voegtlin**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'histologie met en évidence les changements que subit la moelle osseuse d'animaux soumis à l'action des rayons X ([1]) à ([9]). Mais elle ne peut fournir

(*) Séance du 3 décembre 1951.

([1]) H. Heineke, *Münch. Med. Wochens.*, **50**, 1904, p. 2090.

([2]) R. Milchner et M. Mosse, *Berl. Klin. Wochens.*, **41**, 1904, p. 1267.

([3]) P. Krause et K. Ziegler, *Forts. Geb. Röntgenstr.*, **10**, 1906, p. 126.

([4]) A. Lacassagne et J. Lavedan, *Paris Méd.*, **14**, 1924, p. 97.

([5]) B. Shouse, S. Warren et G. Whipple, *J. of Exper. med.*, **53**, 1931, p. 421.

([6]) K. Mardersteig, *Strahlentherap.*, **61**, 1938, p. 107.

([7]) R. Töppner, *Zeitschr. Ges. Exper. Med.*, **109**, 1941, p. 369.

([8]) G. Brecher, H. Endicott, H. Gump et H. Brauwner, *Blood*, **3**, 1948, p. 1259.

([9]) Langendroff et W. Papperitz, *Strahlenter.*, **65**, 1939, p. 624.

que des résultats tout au plus semi-quantitatifs. Or il importe de confronter les doses de rayons X dûment mesurées avec les données quantitatives traduisant leurs effets.

Nous avons montré ([10]), ([11]) comment les recherches sur les acides nucléiques permettent d'aboutir à des valeurs numériques qui reflètent l'intensité des proliférations cellulaires au cours des phénomènes de croissance, régénération et hypertrophie compensatrice. Une conception analogue a été développée par Davidson et collaborateurs ([12]) et appliquée aux recherches sur la moelle ([13]), ([14]). La moelle osseuse représente en effet un tissu en constante prolifération; l'étude de son acide désoxypentose-nucléique (D.N.A.) constituant essentiel des chromosomes ([15]) permet d'évaluer l'accroissement ou la réduction de la masse nucléaire alors que la détermination conjuguée de l'acide pentosenucléique (P.N.A.) et de l'azote protéique fournit des données quantitatives sur les variations du cytoplasme dans l'ensemble des cellules médullaires. Il nous a semblé judicieux de rechercher dans l'évolution des acides nucléiques des données quantitatives traduisant l'action des rayons X sur la moelle osseuse.

Nos essais ont porté sur 120 rats blancs groupés en 15 lots. Dans chaque lot les animaux, de même âge et de même sexe, provenaient d'une ou deux portées issues de croisements entre frères et sœurs à travers plusieurs générations. Les diverses portées comportaient de ce fait des individus dont les organes avaient une constitution chimique voisine il en était de même pour la quantité absolue de P. N. A. et de D. N. A.; de la moelle d'os longs (fémurs et tibias).

Deux ou trois sujets de chaque portée ont servi de témoins. Les autres ont été soumis à une irradiation totale de 500 r. Les divers lots ont été sacrifiés par saignée à intervalles différents après l'exposition aux rayons X (40 mn, 12, 24 et 26 h; 4, 6, 7, 8, 11, 14, 16 et 21 jours). La totalité de la moelle des fémurs et tibias a été prélevée rapidement, réfrigérée, soumise aux dosages (acides nucléiques fractionnés d'après Schmidt et Thannhauser ([16]), phosphore déterminé selon Briggs, pentoses selon Mejbaum ([17]), désoxypentose selon Dische ([18]), bases puriques par l'absorption dans l'ultraviolet au Beckman).

Le graphique montre une réduction du D. N. A., du P. N. A. et de l'azote protéique dès la 12e heure après l'irradiation, avec des valeurs minima au bout de 26 h pour le P.N.A. et entre le 2e et le 4e jours pour le D.N.A. La réduction

---

([10]) P. Mandel, *Exposés de Biochimie médicale*, Masson 13e série 1951, p. 255.

([11]) P. Mandel, M. Jacob et L. Mandel, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 786.

([12]) J. Davidson, I. Leslie, *Nature*, London, 165, 1950, p. 49.

([13]) J. Davidson, I. Leslie et J. White, *J. Path. Bact.*, 60, 1948, p. 1; 63, ibid. 1951, p. 471.

([14]) R. Voegtlin et P. Métais, *Presse Med.*, 58, 1950, p. 1349.

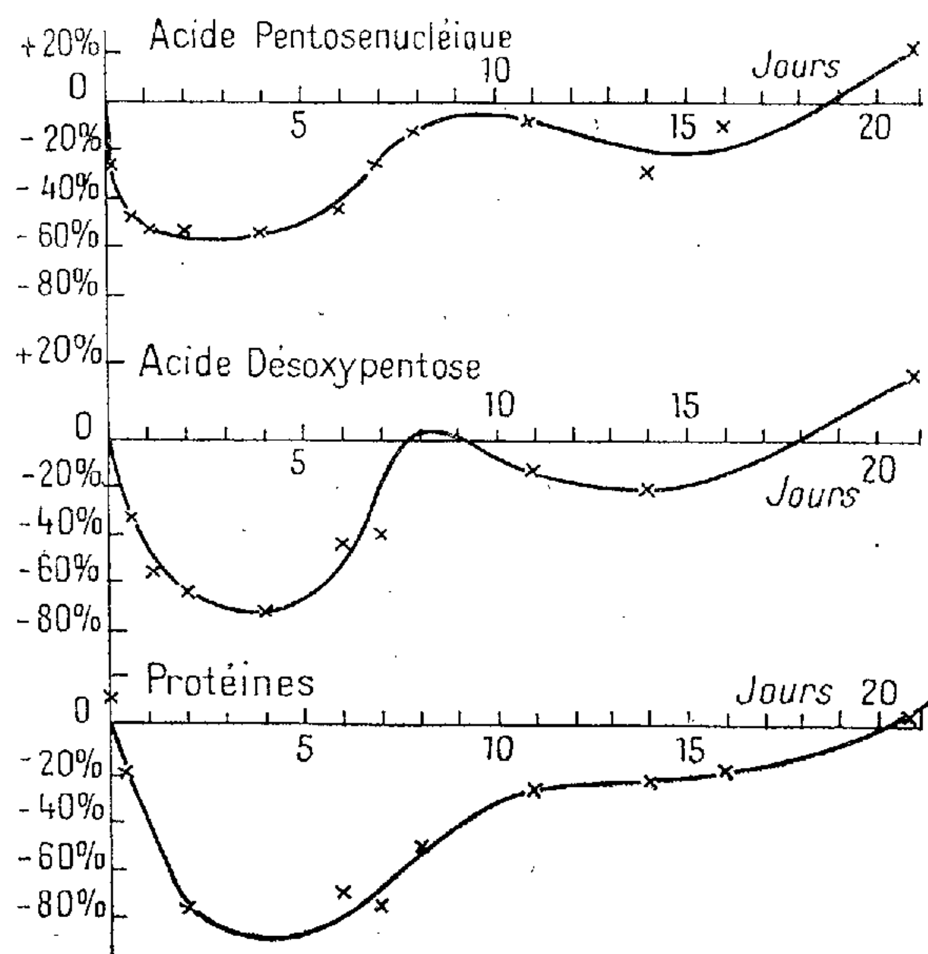
([15]) A. Mirsky, *Adv. in Enzymol.*, 3, 1943, p. 1.

([16]) *J. Biol. Chem.*, 161, 1945, p. 83.

([17]) *Z. Phys. Chem.*, 258, 1939, p. 117.

([18]) *Microchem.*, 8, 1930, p. 4.

de la masse nucléaire (70 %), que traduit la diminution du D.N.A., est plus accusée que celle du P. N. A. (50 % environ). Ainsi la sensibilité prédominante du noyau cellulaire aux rayons X mise en évidence par l'histologie trouve une expression quantitative par l'étude biochimique. Entre les 4ᵉ et 6ᵉ jours



après l'irradiation s'amorce la reconstitution des acides nucléiques selon un rythme plus rapide pour le D.N.A. que pour les constituants cytoplasmiques. Au bout de 20 jours les valeurs d'acides nucléiques dépassent légèrement les valeurs normales. La dépression des valeurs de D. N. A. et P. N .A. après le 8ᵉ jour s'accorde avec l'hypothèse d'une réparation en plusieurs vagues (Langendorff et Papperitz [9]) d'après l'histologie).

Parallèlement à l'étude biochimique, nous avons déterminé sur des frottis de moelle le pourcentage des divers types cellulaires. Notons seulement ici que la confrontation des données biochimiques et du médullogramme, permet d'évaluer avec une approximation satisfaisante la part des divers types de cellules dans le D.N.A. total. On obtient ainsi des nombres qui reflètent les variations de la quantité absolue des éléments figurés de la moelle.

Conclusion. — L'étude de l'évolution du D.N.A. et du P.N.A. de la moelle du Rat après irradiation totale par les rayons X fait apparaître une chute considérable du D.N.A., donc de la masse nucléaire entre le 2ᵉ et le 4ᵉ jour et une réduction moins importante du P. N. A., témoin de la lyse cytoplasmique. Vingt jours après l'irradiation, les valeurs des acides nucléiques dépassent les chiffres initiaux normaux. L'intérêt de la confrontation des résultats biochimiques et histologiques est envisagé.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Chromatographie sur papier des dérivés guanidiques monosubstitués.* Note de MM. **Jean Roche**, **Wolfgang Félix**, Mme **Yvonne Robin** et M. **Nguyen van Thoai**, présentée par M. Maurice Javillier.

Des recherches sur la formation de la créatine chez les Invertébrés ont conduit deux d'entre nous (1) à rechercher si l'absence de ce corps chez certains animaux est liée à celle d'une méthylase ou à celle de glycocyamine. Or, l'acide guanidoacétique ne présente pas de réaction spécifique; aussi son identification parmi d'autres guanidines monosubstituées a-t-elle exigé l'élaboration d'une méthode d'analyse de ces corps. Celle que nous avons mise au point (chromatographie sur papier, révélation des taches des guanidines monosubstituées par la réaction de Sakaguchi) est ici exposée. Aucun des essais avec le *n*-butanol ou le phénol, acétique ou ammoniacal, comme phase solvante, n'a permis de séparer de manière satisfaisante les corps étudiés (agmatine, arcaïne, arginine, glycocyamine, méthylguanidine, octopine), même avec imprégnation préalable du papier par des solutions-tampon (pH 1,0 à 12,0) et séchage (2). Par contre, le traitement du papier à a soude ou à la potasse 0,06-0,2 N a conduit à des résultats dont un exemple est présenté dans le tableau.

Valeurs des R_f *de guanidines monosubstituées obtenues par chromatographie sur papier Whatman* n° 1 *traité à la soude ou à la potasse* 0,066 N *ou à une solution tampon (phosphates) de* pH 12,0 *(phase solvante : n-butanol,* 78 *parties; eau,* 17 *parties; acide acétique,* 5 *parties).*

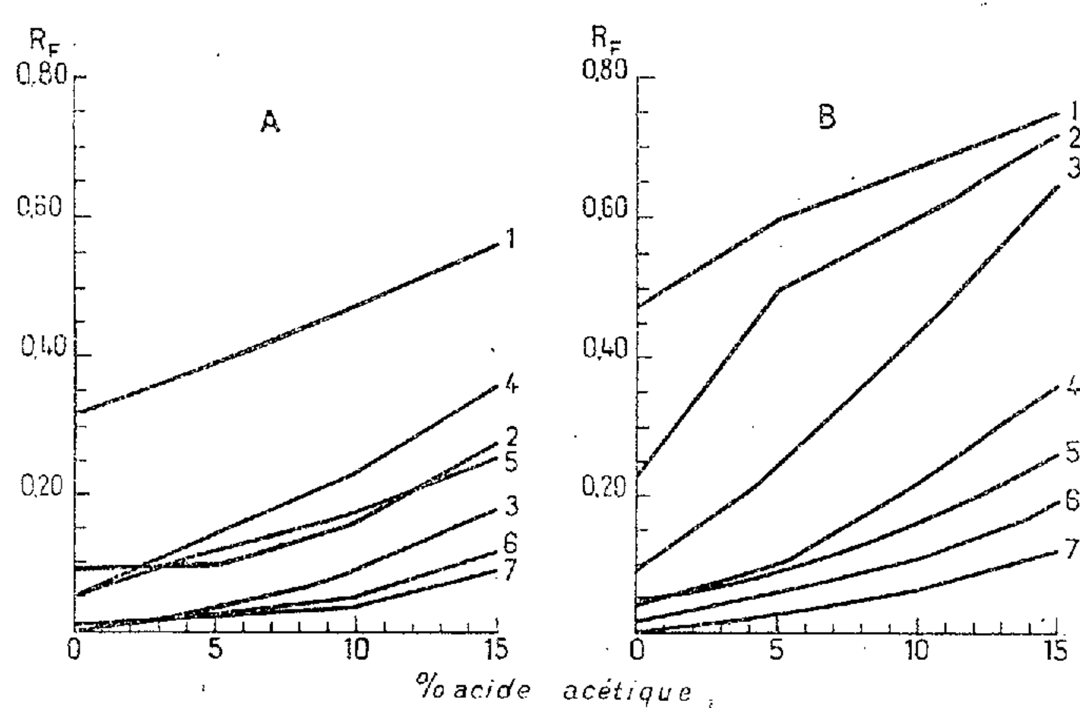
Guanidine monosubstituée.	NaOH 0,066 N.	KOH 0,066 N.	Solution tampon de pH 12,0.
Octopine	0,022	0,017	0,007
Arginine	0,053	0,046	0,031
Glycocyamine	0,103	0,092	0,077
Agmatine	0,144	0,160	0,082
Arcaïne	0,278	0,307	0,214
Méthylguanidine	0,483	0,543	0,432

Le mode opératoire suivant a été adopté pour la séparation et la caractérisation des guanidines monosubstituées. Des feuilles de papier Whatman n° 1 sont immergées dans de la soude 0,2 N et séchées à l'air. On dépose sur une ligne de départ les microgouttes des solutions que l'on soumet à l'analyse chromatographique en utilisant comme solvant

(1) Nguyen-van Thoai et Y. Robin, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 452.

(2) E. F. Mc Farren, *Analyt. Chem.*, **23**, 1951, p. 168.

divers mélanges de *n*-butanol, d'acide acétique et d'eau (*n*-butanol de 83 à 68 parties, eau. 7 parties, acide acétique de 0 à 15 parties). Les guanidines sont révélées en pulvérisant successivement à la surface du papier soigneusement séché : 1° une solution renfermant 0,2 ml NaOH à 40%, 0,2 ml de solution alcoolique d'α-naphtol à 1% ; 0,2 ml de solution aqueuse d'urée à 40% et 10 ml de *n*-butanol ; 2° une solution de BrONa provenant de la dilution au cinquième de celle obtenue par l'addition de 0,9 ml de brome à 100 ml NaOH à 10%. La coloration des taches en rose violacé (octopine) ou fleur de pêcher (autres dérivés étudiés) n'est stable qu'à condition d'employer des solutions finement pulvérisées et d'opérer la dessiccation rapide et complète du papier, à froid, après la pulvérisation de chacun des deux réactifs. La figure rend compte des résultats.



Variations de R_f de diverses guanidines monosubstituées (1. Méthylguanidine; 2. Arcaïne; 3. Agmatine; 4. Acide arginique; 5. Glycocyamine; 6. Arginine; 7. Octopine) sur papier Whatman n° 1 (A, non traité; B, imprégné de NaOH 0.2 N), en présence de mélanges de *n*-butanol (83 à 68 p.), d'acide acétique (0 à 15 p.) et d'eau (17 p.). *Abscisses :* pour 100 d'acide acétique dans la phase solvante. *Ordonnées :* R_f.

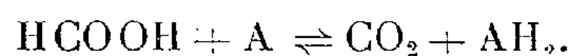
Les taches occupent des positions correspondant à une séparation beaucoup plus nette sur le papier traité à la soude (B) et, dans un cas comme dans l'autre, leur dispersion est d'autant plus grande que la phase solvante est plus riche en acide acétique. En outre l'imprégnation alcaline du papier permet le partage des guanidines en deux groupes, les bases fortes (méthylguanidine, arcaïne, agmatine) se rassemblant dans une région du chromatogramme et les corps à groupement carboxyle ou carbonyle (glycocyamine, acide arginique, arginine, octopine) dans une autre.

L'emploi simultané de ces deux types de chromatogrammes (A et B) s'est révélé indispensable pour l'identification des dérivés guanidiques dans les tissus des Invertébrés, que nous poursuivons au Laboratoire Maritime de Concarneau avec I. Garcia. Il nous a permis par ailleurs de déceler la présence, dans les muscles de Mollusques et de Crustacés, de corps de cette série non identifiables à ceux isolés jusqu'ici des êtres vivants.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Hydrogenlyase, formico-déshydrogénase et hydrogénase chez* Escherichia coli. Note de M[me] **Grunberg-Manago**, M. **Jekisiel Szulmajster** et M[lle] **Annie Prouvost**, présentée par M. Maurice Javillier.

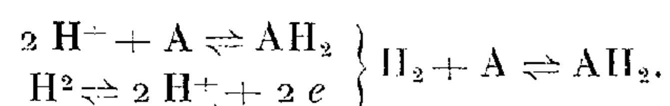
La production anaérobie d'hydrogène moléculaire par *E. Coli* à partir du formiate, s'interprête à l'heure actuelle de deux manières : 1° D'après Stephenson et Stickland (1) la dégradation anaérobie du formiate se fait en une seule étape, par un enzyme particulier, l'hydrogenlyase, suivant la réaction : $HCOOH \rightleftharpoons H_2 + CO_2$.

2° D'autres auteurs (2), (3), (4) admettent que la dégradation se fait en plusieurs étapes par action combinée d'enzymes : *a*. Réaction catalysée par la formico-déshydrogénase en présence d'un accepteur d'hydrogène :



$$HCOOH + A \rightleftharpoons CO_2 + AH_2.$$

b. Réaction catalysée par l'hydrogénase :



$$\left.\begin{array}{r} 2\,H^+ + A \rightleftharpoons AH_2 \\ H^2 \rightleftharpoons 2\,H^+ + 2\,e \end{array}\right\} H_2 + A \rightleftharpoons AH_2.$$

D'après certains auteurs (1), (3), un troisième facteur transporteur d'électrons interviendrait dans la production d'hydrogène moléculaire entre la formico-déshydrogénase et l'hydrogénase. L'argument principal en faveur de la première interprétation était fondé sur la propriété de *Aerobacter aerogenes* de produire l'hydrogène moléculaire à partir du formiate, sans qu'on puisse mettre en évidence l'hydrogénase. Or, depuis, il a été montré que toutes les souches de bactéries coliformes qui décomposent l'acide formique avec production d'hydrogène, possèdent les deux enzymes : formico-déshydrogénase et hydrogénase, et celle-ci a été retrouvée chez *Aerobacter aerogenes*. D'autre part, comme rien jusqu'ici ne permettait de distinguer le comportement de ces enzymes, même chez les bactéries déficientes en Fe ou en N (3), (5), la deuxième interprétation était la plus généralement répandue. Nous apportons dans cette Note des preuves que l'hydrogénlyase est un enzyme ou un complexe d'enzymes distinct des deux autres.

E. Coli a été cultivé sur milieu liquide, peptone glucosé, à 37° à l'air, soit sans agitation (semi-anaérobiose), soit avec agitation (aérobiose forcée). Les trois enzymes sont plus actifs lorsque *E. Coli* est cultivé sur milieu peptoné,

(1) M. Stephenson et L. H. Stickland, *Bioch. Journ.*, 27, 1933, p. 1517.
(2) E. Ordal et H. O. Halvorson, *J. Bact.*, 38, 1939, p. 199.
(3) W. S. Waring et C. H. Werkman, *Arch. Biochem.*, 4, 1944, p. 75, New-York, 1949.
(4) R. Lemberg et J. Legge, *Hematin compounds and bile pigments*, Intersc.
(5) J. Deley, *Enz.*, 14, 1951, p. 296.

que sur le milieu synthétique; certains aminoacides sont en effet nécessaires pour la formation de ces enzymes. Dans la plupart des expériences il était inutile d'ajouter le formiate au milieu de culture, la dégradation du glucose par *E. Coli* produisant le formiate nécessaire à la formation de l'hydrogénlyase, enzyme adaptatif.

Les expériences étaient faites avec les bactéries en suspension non proliférantes. La suspension bactérienne et le broyat ont été préparés par la méthode habituelle ([6]). Toutefois, pour mesurer l'activité de l'hydrogénlyase, les bactéries étaient lavées deux fois seulement et sans passage d'air, ces traitement affaiblissant son activité.

L'activité déshydrogénasique est mesurée par la technique de Thunberg et exprimée en QBM = mm^3 d'H_2 transféré au bleu de méthylène par milligramme N bactérien et par heure. L'activité de l'hydrogénlyase est mesurée dans le Warburg en atmosphère d'azote, par le dégagement d'hydrogène à partir du formiate et exprimée en QH_2.

L'action des inhibiteurs (tableau) montre une nette différence entre l'hydrogénlyase et les deux autres enzymes. L'azoture de sodium n'inhibe pas du tout l'hydrogénase et à peine la formico déshydrogénase (0 à 20 %), tandis qu'il inhibe à 100 % l'hydrogénlyase.

L'hypophosphite de sodium, connu comme inhibiteur de la formicodéshydrogénase ([7]) est sans action sur l'hydrogénase et l'hydrogénlyase. A la concentration N/3000, la formicodéshydrogénase est inhibée à 100 %, alors qu'il n'y a qu'une inhibition de 10 % de l'activité de l'hydrogénlyase dans les premières 40 mn, laquelle est annulée par la suite. Même aux concentrations plus fortes M/500, l'hydrogénlyase reste peu sensible à l'hypophosphite.

Une autre preuve que l'hydrogenlyase est différente de la formico déshydrogénase et de l'hydrogénase est fournie par le fait que les bactéries cultivées en aérobiose forcée possèdent seulement les deux derniers enzymes, l'hydrogénlyase étant détruite. De plus, le broyage des bactéries détruit l'hydrogénlyase alors que la formicodéshydrogénase et l'hydrogénase ne sont pas touchées. D'une façon générale, l'hydrogénlyase est donc beaucoup plus fragile que les deux autres enzymes.

On ne peut expliquer ces différentes actions : azoture de sodium, aération, broyage, par la destruction ou l'inhibition du facteur intermédiaire entre la formicodéshydrogénase et l'hydrogénase. En effet, l'insensibilité de l'hydrogenlyase à l'hypophosphite, alors que la formicodéshydrogénase est inhibée par celui-ci, exclut cette dernière hypothèse. L'hydrogenlyase n'est donc pas un complexe de la formicodéshydrogénase et de l'hydrogénase avec intervention éventuelle d'un facteur intermédiaire, mais un enzyme distinct.

([6]) E. AUBEL et J. SZULMAJSTER, *Bioch. et Bioph. Acta*, 5, 1950, p. 255.

([7]) A. TAKAMIYA, *Acta Phytochimica*, 13, 1942.

Action des inhibiteurs sur l'hydrogenlyase, la formicodéshydrogénase et l'hydrogénase de *E. Coli*.

Suspension bactérienne ou suspension privée de cellules provenant de bactéries broyées.

Formiate de sodium M/60 concentration finale, hydrogène ou eau dans les témoins. Azoture de sodium M/300 concentration finale ou hypophosphite de sodium M/3 000 concentration finale.

Bleu de méthylène M/10 000 concentration finale dans le cas de l'hydrogénase et de la formicodéshydrogénase, complété à 2,5 cm³ avec tampon phosphate pH 6,8.

L'activité déshydrogénasique est exprimée en QBM.

L'activité de l'hydrogenlyase est exprimée en QH_2, calculé entre 60 et 120 mn. Température 37°.

		N_3Na.		Inhibition (%).	PO_2H_2Na.	Inhibition (%).
Bactéries poussées en semi-aérobiose.	Hydrogenlyase	1150	0	100	1160	0
	Formicodéshydrogénase	560	500	11	0	100
	Hydrogénase	1170	1200	0	1200	0
Bactéries poussées en aérobiose forcée.	Hydrogenlyase	0	–	–	–	–
	Formicodéshydrogénase	580	554	5	–	–
	Hydrogénase	1170	1200	0	1200	–
Bactéries broyées.	Hydrogenlyase	0	–	–	–	–
	Formicodéshydrogénase	150	150	0	–	–
	Hydrogénase	336	336	0	–	–

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Relation entre cytochromes et streptomycine chez un mutant de* Bacillus cereus *exigeant la streptomycine pour sa croissance.* Note de MM. **Pierre Schaeffer** et **Piotr P. Slonimski**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le mutant de *Bacillus cereus* exigeant en streptomycine, privé de cet antibiotique, s'appauvrit en cytochromes. L'appauvrissement est plus marqué pour le cytochrome *c* que pour les cytochromes *a* et *b*.

Lorsque des mutants de *B. cereus* qui exigent la streptomycine en sont privés, leur croissance s'arrête après quelques divisions, que l'oxygène soit ou non présent. Si la croissance résiduelle se fait en aérobiose, l'intensité respiratoire aux dépens du glucose diminue constamment; si elle a lieu en anaérobiose, la vitesse de fermentation du même sucre reste constante. Ces résultats ont suggéré que, chez ce mutant, la streptomycine intervient dans la synthèse des enzymes de la respiration « terminale » (1), (2), (3). Parmi ces enzymes, nous avons étudié en premier lieu les cytochromes, plus accessibles à l'observation du fait de leurs propriétés spectroscopiques.

---

(1) P. Schaeffer, *Ann. Inst. Pasteur*, 78, 1950, p. 624.

(2) P. Schaeffer, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1032.

(3) P. Schaeffer, *Biochim. Biophys. Acta* (à paraître, 1952).

Nous avons donc comparé le spectre des cytochromes réduits de cultures aérobies « normales » et « carencées ». Nous entendons, par cultures « normales » des cultures en croissance exponentielle dans un milieu contenant de la streptomycine à la concentration optima, et par cultures « carencées » celles dont la croissance vient de s'arrêter faute de cet antibiotique.

On trouvera ailleurs les détails de la technique de culture ([1]), ([3]). L'observation microscopique des bactéries nous a permis d'écarter les cultures dans lesquelles s'étaient produites des mutations réverses : en effet, seules les cultures carencées présentent des formes géantes filamenteuses ([1]). Les recherches spectroscopiques comportaient : 1° l'examen des suspensions bactériennes additionnées d'hydrosulfite au microspectroscope de Hartridge; 2° le dosage spectroscopique, *in situ*, du cytochrome *c* et du protohème total, dosage fondé sur la compensation de l'intensité des bandes α ([3]), ([5]).

Cultures normales. — Le système des cytochromes du mutant exigeant « normal » ne diffère pas sensiblement de celui du type sauvage. Les données concernant ce dernier ont déjà été publiées ([3]), ([4]); celles concernant le mutant exigeant « normal » cultivé en aérobiose sont les suivantes : les cytochromes *a*, *b* et *c* sont présents, la bande composite ($\alpha b + \alpha c$), centrée à 557 mμ (18°), étant bien plus intense que la bande αa (601-602 mμ à 18°) qui est très faible. La teneur en cytochrome *c* est en moyenne de 0,5 μ mole : g d'azote bactérien (valeurs extrêmes 0,3 et 0,7); la teneur moyenne en protohème est de 1,3 μ moles : g d'azote (valeurs extrêmes 1,0 et 1,7).

Cultures carencées. — Lorsque la croissance aérobie du mutant est arrêtée faute de streptomycine, on constate, dans certaines expériences, l'absence presque complète du spectre : une seule bande très faible, située à 556-557 mμ subsiste ([6]). Dans ces cas, le cytochrome *c* n'est pas dosable spectroscopiquement à 18° et la teneur en protohème est environ le sixième de celle des témoins normaux. Dans d'autres expériences, les résultats, bien que nets, sont moins spectaculaires : par exemple, les teneurs en cytochrome *c* et en protohème sont diminuées respectivement des trois quarts et de la moitié. La disparition du cytochrome *a* par carence en streptomycine n'est pas, non plus, un phénomène constant. Ces variations ne sont pas dues à l'oxygénation inégale des cultures, et nous n'avons pas pu nous en rendre maître. Si l'on prend pour critère de la croissance résiduelle le nombre de divisions cellulaires ou la formation des formes filamenteuses, on constate des variations du même ordre. En outre les bactéries qui ont présenté la

---

([4]) P. SCHAEFFER, *Comptes Rendus*, 231, 1950, p. 381.

([5]) B. EPHRUSSI et P. SLONIMSKI, *Biochim. Biophys. Acta*, 6, 1950, p. 246.

([6]) Les culots bactériens normaux sont de couleur crème, ceux des bactéries carencées, blanc-craie.

croissance résiduelle la plus longue ne sont pas nécessairement les plus pauvres en cytochromes. Enfin, l'examen des bactéries carencées n'a jamais révélé de bandes qui n'existent pas chez les témoins.

Les variations décrites n'en permettent pas moins de conclure que, *lorsque B. cereus exigeant en streptomycine est privé de cet antibiotique, il s'appauvrit en cytochromes et que cet appauvrissement est plus marqué pour le cytochrome c que pour les cytochromes a et b*. Il en est tout autrement pour les cultures de *B. cereus* qui n'exigent pas la streptomycine. L'arrêt de la croissance n'est pas suivi de la diminution de la teneur en cytochromes. Si l'on admet que la streptomycine est nécessaire à la biosynthèse de certains cytochromes chez les organismes exigeant cet antibiotique, on est conduit à se demander s'il intervient dans la formation de la copule protéique ou dans celle du groupement prosthétique. Il est possible aussi que la déviation du métabolisme des cytochromes soit la conséquence d'une altération beaucoup plus générale et il est intéressant de noter à ce propos que les cytochromes sont vraisemblablement liés à des particules cytoplasmiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Relation entre le développement abortif du prophage chez* Bacillus megatherium 91 (1) *et la synthèse de l'acide désoxyribonucléique* ([1]). Note de M. **Louis Siminovitch**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'irradiation de la souche lysogène 91(1) de *Bacillus megatherium* entraîne le développement du prophage et la lyse bactérienne. Il n'apparaît pas de particules infectieuses. Ce développement abortif est lié à un défaut de la synthèse de l'acide désoxyribonucléique.

Bacillus megatherium 91 (1) lysogène, soumis à un rayonnement ultraviolet, se lyse sans libérer de bactériophages. La lyse est due au développement abortif du probactériophage ([2]). En quoi ce développement abortif diffère-t-il du développement normal ? On devait tout naturellement envisager l'hypothèse d'un trouble du métabolisme de l'acide désoxyribonucléique (ADRN). Nous avons donc suivi l'évolution de l'ADRN après induction.

Une culture en voie de croissance exponentielle est irradiée (2 000 ergs : mm^2), puis agitée dans un bain-marie à 27°. On dose l'ADRN à intervalles réguliers; les dosages sont effectués en double ([3]). Les résultats sont exprimés par la figure 1. On a représenté également, pour faciliter la

---

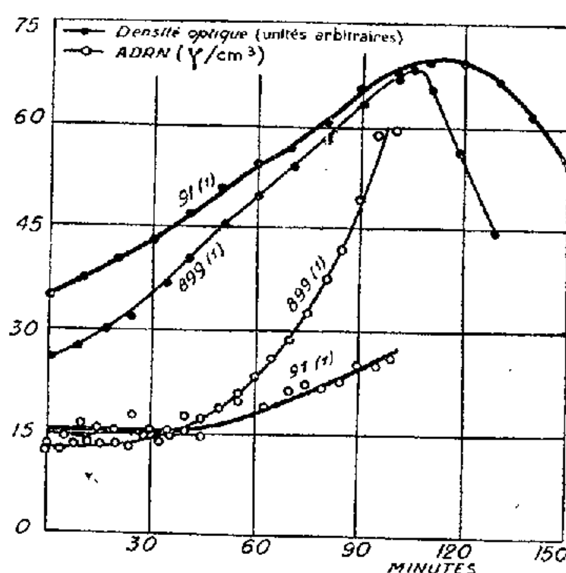
([1]) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Cancer Institute of the National Institutes of Health* des États-Unis d'Amérique.

([2]) A. Lwoff et L. Siminovitch, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1397.

([3]) L. Siminovitch et S. Rapkine, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1603.

comparaison, les phénomènes qui se déroulent chez *B.m.* 899 (1) induit.

On voit que les courbes de croissance de 91 (1) et de 899 (1) sont sensiblement parallèles. Durant la première période de la phase latente, il n'y a d'augmentation de l'ADRN ni chez 91 (1), ni chez 899 (1). Mais, durant la deuxième période, de l'ADRN est synthétisé rapidement chez 899 (1) alors que chez 91 (1) cette synthèse est très lente. Rappelons que 899 (1), induit se comporte en ce qui concerne la synthèse de l'ADRN comme *E. coli* infecté ([3]), ([4]). Mais chez 899 (1), les synthèses bactériennes, en particulier celle de l'acide ribonucléique, continuent durant la phase latente ([5]). Rappelons aussi que chez *B. megatherium* M, non lysogène, une dose d'ultraviolet qui serait inductrice pour une souche lysogène est sans effet sur la synthèse de l'ADRN ([5]). Une digression est ici nécessaire.



On est en droit de se demander si 91 (1) ne produirait pas un phage autre que le phage 1 et que nous ne pourrions détecter. A l'encontre de cette hypothèse, nous invoquons les arguments suivants : 1° notre souche détectrice M est sensible à tous les phages connus de *B. megatherium*; 2° l'examen au microscope électronique montre de nombreux phages dans les lysats de 899 (1); dans les mêmes conditions, on ne voit pas de phages dans les lysats de 91 (1) (examen effectué par E. et G. Kellenberger); 3° le défaut de synthèse de l'ADRN rend très improbable une production de bactériophages riches, comme on le sait, en ADRN ([6]). Nous admettrons donc que 91 (1) irradié ne produit pas de bactériophages. Mais la lyse est cependant liée à l'induction du développement du prophage (1). Quelle peut donc être la phase du développement abortif responsable de la lyse bactérienne?

On sait depuis l'observation d'Andrews et Elford ([7]) que des bacté-

---

([4]) S. S. Cohen, *J. Biol. Chem.*, **174**, 1948, p. 281.

([5]) L. Siminovitch et S. Rapkine (en préparation).

([6]) S. S. Cohen et T. F. Anderson, *J. Exp. Med.*, **84**, 1946, p. 511.

([7]) *Brit. J. Exp. Path.*, 13, 1932, p. 13.

riophages peuvent pénétrer dans une bactérie et la tuer sans que de nouveaux phages soient formés. De nombreuses observations analogues ont été rapportées. Elles ne pourront être utilement discutées que lorsque les facteurs en jeu auront été analysés. Mais la comparaison de *B. m.* 91 (1) avec *E. coli* ML est suggestive. Chez *E. coli* ML, l'irradiation provoque le déclenchement de la synthèse d'une colicine qui est libérée par la lyse bactérienne ([8]). Il semble enfin que chez *E. coli* B infecté par un phage virulent, la synthèse des protéines du phage commence dès la pénétration du phage ([4]). L'hypothèse peut donc être envisagée que le processus létal déclenché chez 91 (1) irradié et que nous savons être lié à la présence du prophage, correspond à la synthèse de la partie protidique du phage. Quoi qu'il en soit de la nature du processus qui se déroule chez 91 (1) irradié, nous savons que la synthèse de l'ADRN est totalement inhibée durant la première période de la phase latente. Cette inhibition apparaît ainsi comme le corollaire du déclenchement de la première phase du développement du prophage, que celui-ci soit abortif ou non.

Le développement abortif induit du prophage qui provoque la lyse de *B. megatherium* 91 (1) est en tout cas lié à un défaut de la synthèse de l'acide désoxyribonucléique durant la deuxième période de la phase latente.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les antipodes optiques du mannose et du sorbose comme source de carbone pour diverses bactéries* ([1]). Note de M. **Jacques Nicolle**, Mlle **Yvonne Joyeux** et M. **Évanguélos Baltazzi**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

A. 1. Nous avons étudié la croissance de 13 espèces bactériennes, dans notre milieu synthétique habituel ([2]), contenant comme seule source de carbone l'un ou l'autre des antipodes optiques du mannose ([3]).

Les 9 espèces suivantes : *Salmonella typhimurium, Bacillus subtilis, Escherichia Coli, Salmonella enteritidis Gærtner, Shigella flexneri, Salmonella typhi, Shigella dysenteriæ, Salmonella paratyphi* B., *Klebsiella pneumoniæ*, ont utilisé les deux isomères, mais avec des vitesses différentes, le *d* (+) mannose (forme naturelle) donnant lieu à une croissance plus rapide. Par contre, aucune croissance n'a été observée avec : *Proteus vulgaris, Salmonella paratyphi* A., *Proteus Morganii, Pseudomonas æruginosa.*

([8]) F. Jacob, L. Siminovitch et E. Wollman, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1500.

([1]) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.

([2]) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Tréfouël, *Ann. Inst. Pasteur*, 67, 1941, p. 177.

([3]) J. C. Sowden, *J. Biol. Chem.*, 180, 1949, p. 55.

2. Nous donnons ici les courbes de croissance, d'une souche de *Salmonella typhimurium*, obtenues à la suite de lectures effectuées au moyen de l'appareil de Colmann.

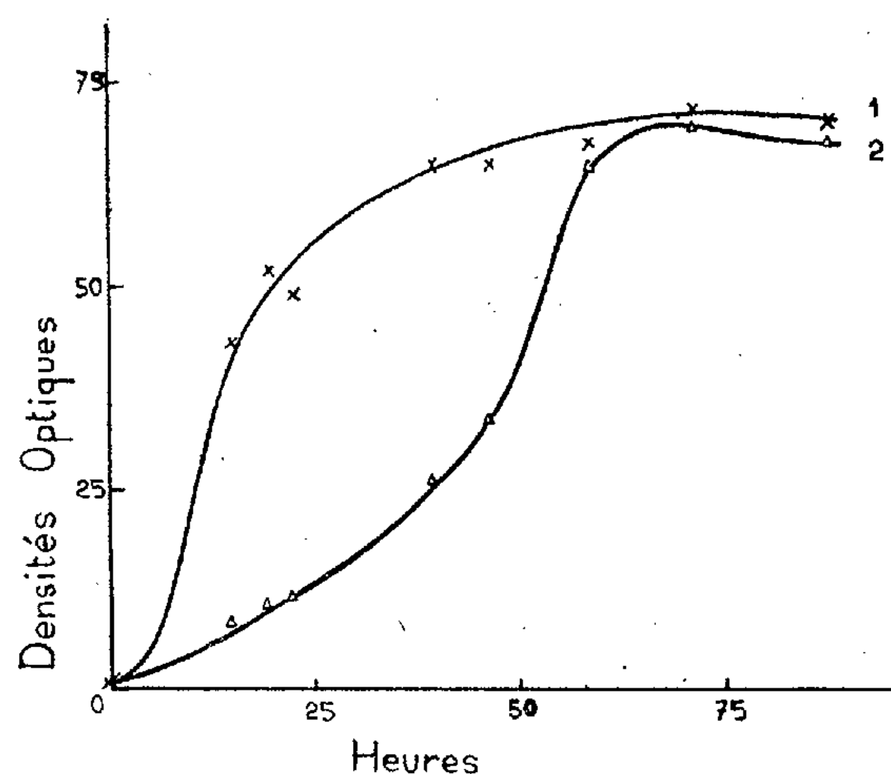


Fig. 1. — 1 — *d* (+) mannose; 2 — *l* (—) mannose.

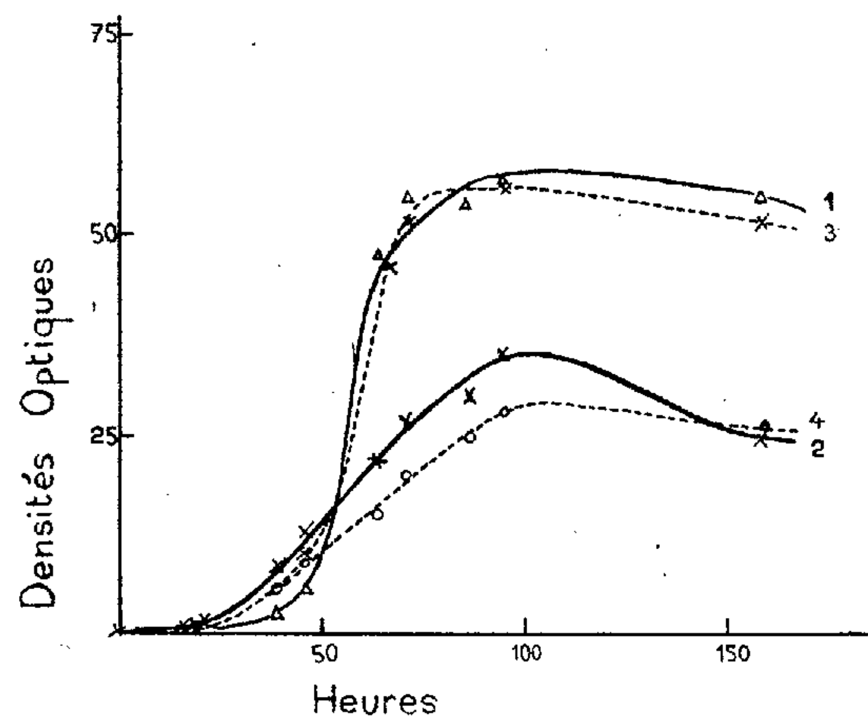


Fig. 2. — *Escherichia Coli*-1 — *l* (—) sorbose; 2 — *d* (+) sorbose; *Salmonella typhimurium* 3 — *l* (—) sorbose; 4 — *d* (+) sorbose.

B. Pour l'étude des antipodes optiques du sorbose, nous présentons les résultats concernant *Salmonella typhimurium* et *Escherichia Coli* dans les mêmes conditions que celles figurant au titre A 2. Nous n'avons pu poursuivre ce travail sur d'autres souches en raison de la faible quantité de *d* (+) sorbose que nous possédions.

Conclusion. — Les résultats que nous présentons ici pour un aldohexose et pour un cetohexose sont comparables à ceux déjà signalés par nous

concernant l'arabinose ([4]), ([5]). Dans tous les cas, où les espèces bactériennes ont utilisé les deux antipodes d'un même ose, la croissance a toujours été plus rapide avec l'antipode naturel.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'action de la cortisone chez des animaux traités par une endotoxine bactérienne.* Note de M. **Albert Delaunay** et Mme **Jacqueline Lebrun**, transmise par M. Gaston Ramon.

Le traitement de la fièvre typhoïde par la chloromycétine est devenu d'une pratique courante et, en règle générale, il conduit à de bons résultats. Malheureusement, il est parfois mal toléré et il entraîne alors des accidents.

Dans un article récent, J. Reilly et ses collaborateurs ([1]) ont pu prétendre, à notre avis avec raison, que ces accidents étaient provoqués le plus souvent par une brusque libération d'endotoxine typhique.

Peut-on lutter contre cette intoxication brutale ? Des auteurs américains ([2]) viennent d'avoir l'idée d'associer, chez les malades, à la thérapeutique par la chloromycétine, des injections de cortisone.

En quelle mesure cette prescription est-elle justifiée sur le plan biologique ? C'est ce que nous avons essayé de savoir par toute une série d'expériences dont voici, sommairement exposés, les résultats.

1° *Effets produits par des injections de cortisone* ([3]) *chez des souris normales traitées par l'endotoxine typhique* ([4]). — 12 souris blanches (20 g) reçoivent par voie intrapéritonéale, le 31 mai à 17 h et le 1er juin à 10 h, 1 mg de cortisone. Le 1er juin à 14 h, elles reçoivent par voie intraveineuse, en même temps que 12 souris témoins, 0,5 cm³ de notre solution d'endotoxine diluée au 1/10 dans l'eau physiologique.

A 16 h (le même jour), 2 souris témoins succombent puis, à 18 h, 2 souris traitées par la cortisone. L'état général des animaux traités par l'hormone paraît être, dans l'ensemble, nettement meilleur que celui des témoins.

Le 2 juin à 9 h, sont relevés trois nouveaux morts dans le lot témoin.

Le 4 juin à 9 h, un mort dans l'autre lot.

Au total, en trois jours, 41 % de morts parmi les souris témoins, 25 % seulement parmi les animaux qui ont reçu la cortisone.

([4]) J. Nicolle, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 482.

([5]) J. Nicolle et Mlle Y. Joyeux, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1390.

([1]) J. Reilly, A. Compagnon, P. Tournier, R. Bastin et H. du Buit, *Ann. Méd.*, **51**, 1950, p. 597.

([2]) J. E. Smadel, H. L. Ley, jr. et F. H. Dierck, *Ann. Int. Méd.*, **34**, 1951, p. 1; T. E. Woodward, H. E. Hall, R. Dias-Rivera, J. A. Hightower, E. Martinez et B. T. Parker, *Ann. Int. Med.*, **34**, 1951, p. 10.

([3]) « Cortone » Merck.

([4]) Solution d'endotoxine préparée par la méthode à l'acide trichloracétique de A. Boivin. Elle renfermait 2 mg de poison par centimètre cube.

2° *Effets produits par des injections de cortisone chez des souris surrénalectomisées, puis traitées par l'endotoxine typhique.* — 25 souris sont surrénalectomisées le 28 mai. Dix de ces animaux reçoivent, le 29 mai à 17 h et le 30 mai à 10 h, 1 mg de cortisone (injection intrapéritonéale).

Le 30 mai, à 14 h, est injecté par voie intraveineuse chez tous ces animaux, 0,5 cm³ de notre solution d'endotoxine diluée au 1/20.

A 18 h (même jour), on relève 11 morts dans le lot témoin et seulement un mort dans le lot des animaux traités par l'hormone.

29 h après l'injection d'endotoxine, toutes les souris témoins ont sucombé. Restent quatre survivants dans l'autre lot.

Il nous a paru intéressant de compléter ces premiers résultats par de nouvelles expériences où, cette fois, serait mise en œuvre l'ACTH.

3. *Effets produits par des injections d'*ACTH *chez des souris normales, traitées par l'endotoxine typhique.* — Le 13 juin 1951, à 10 h et à 15 h 15, 9 souris reçoivent, en injection intrapéritonéale, 0,5 mg d'ACTH. Les mêmes animaux et 5 souris témoins sont traités à 15 h 30 par 1 cm³ de notre solution d'endotoxine diluée au 1/5.

A 17 h 30, les souris témoins semblent toutes plus malades que les animaux qui ont reçu l'hormone.

Le 14 juin, à 8 h, toutes les souris témoins sont mortes. Sur les souris traitées par la cortisone, deux survivent encore. L'une succombera le même jour, à 14 h. L'autre aura définitivement la vie sauve.

4. *Effets produits par des injections d'*ACTH *chez des souris surrénalectomisées, puis traitées par l'endotoxine typhique.* — 15 souris sont surrénalectomisées le 11 juin. Dix reçoivent une injection intrapéritonéale d'ACTH (0,5 mg), à 11 h, puis une autre injection à 15 h 15.

Injection intraveineuse d'endotoxine (0,5 cm³ de notre solution diluée au 1/10) chez tous les animaux, à 15 h 30.

Dix-huit heures plus tard, on ne retrouve dans l'un et l'autre lot, aucun survivant.

Conclusions. — 1. Cortisone et ACTH sont capables de protéger des souris *normales* contre l'intoxication provoquée par l'endotoxine typhique. Leur action est faible, mais indiscutable. Ces observations méritent d'être rapprochées de celles faites récemment par L. Chedid et ses collaborateurs [5].

2. L'effet protecteur exercé, en ce cas, par la cortisone, devient très net chez les animaux *surrénalectomisés*. Or, on sait qu'il est fréquent d'observer, chez les typhiques, des signes d'insuffisance surrénale. Pour cette raison, nous estimons que l'emploi de la cortisone est probablement justifié en clinique humaine.

3. Dans un travail antérieur [6], nous avions montré qu'une autre hormone cortico-surrénale : la *11-déhydrocorticostérone,* était également en mesure de protéger les souris surrénalectomisées contre l'intoxication

---

(5) *Comptes rendus,* **233**, 1951, p. 713.

(6) *Comptes rendus,* **224**, 1947, p. 1669.

typhique. Toutefois, cette action, de bienfaisante, devenait plutôt néfaste chez les souris non surrénalectomisées. Nous n'avons pas retrouvé de faits du même ordre en utilisant l'ACTH ou la cortisone.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la streptomycino-resistance d'un bacille tuberculeux de type aviaire au cours de la tuberculose spontanée de la Poule.* Note de MM. **Noël Rist, Jean Verge, Laurent Cauchy** et **Charles Labie**, présentée par M. Gaston Ramon.

Nombreuses sont, à l'heure actuelle, les recherches effectuées en France et à l'étranger, qui montrent que le bacille tuberculeux de type humain est capable de se défendre, *in vitro* et *in vivo*, contre l'action bactériostatique et bactéricide de la streptomycine ou de la dihydro-streptomycine.

A la faveur d'une trop brève série de recherches sur le traitement de la tuberculose spontanée des volailles par la dihydrostreptomycine, utilisée seule ou en association avec certaine sulfone, la cimédone, nous nous sommes efforcés de reconnaître si le bacille tuberculeux de type aviaire était à son tour susceptible de conquérir une résistance plus ou moins accusée à l'égard des antibiotes précédents.

En 1946, Youmans et Feldman (1) montrent déjà que la majorité des souches humaines et bovines de bacille tuberculeux sont inhibées grâce à l'addition de moins de 1 γ de streptomycine par centimètre cube du milieu de culture. En revanche, les variétés aviaires sont plus résistantes à l'action bactériostatique de l'antibiote et certaines, pour prévenir leur développement, requièrent 25 à 50 γ de streptomycine par centimètre cube du milieu.

L'année suivante, Youmans et Karlson (2) confirment les notions précédentes et rapportent que souches humaines et bovines témoignent en général d'une grande sensibilité *in vitro* à la streptomycine : moins de $2\gamma : cm^3$ du milieu de culture. Les souches aviaires sont beaucoup plus résistantes.

Middlebrock et Yegian (1) étudient également certaines actions de la streptomycine sur le type humain du bacille de Koch, cultivé en milieu liquide synthétique de Dubos et Davis. Fraîchement isolé, le germe est très réceptif.

Grumbach, Mousset et Boyer (2) établissent que, pour leur souche aviaire, 4 γ de streptomycine inhibent son développement dans $10\,cm^3$ de milieu de culture.

---

(1) *J. Bactério.*, 51, 1946, p. 608.
(2) *Amer. R. Turberculosis*, 55, 1947, p. 529.
(1) *Amer. R. Tuberculosis*, 54, 1946, p. 553.
(2) *A. L. P.*, 72, 1947, p. 929.

Chambon ([3]) en 1950 signale à son tour que la sensibilité de *Mycobacterium tuberculosis* diffère selon les variétés : 0,15 à 1 γ : cm³ pour les types humains et bovins; 10-50 γ : cm³ pour le type aviaire.

Dans les reherches que nous avons entreprises sur le traitement des tuberculoses aviaires, la dihydrostreptomycine était utilisée chez la poule par voie musculaire, à la dose quotidienne de 20 centigrammes en solution dans l'eau distillée. Ce traitement fut poursuivi pendant deux périodes de 20 jours, séparées par un repos de trois semaines. Quatre poules authentiquement tuberculeuses, furent traitées : deux étaient atteintes de tuberculose clinique; deux, sans présenter de signes apparents autres qu'un amaigrissement fâcheux, manifestaient une réaction allergique nettement positive à la tuberculine. Enfin, deux poules, à tuberculose cachectisante, furent conservées à titre de témoins.

Deux souches tuberculeuses de type aviaire furent isolées à la mort d'une poule témoin et d'une poule traitée, mais ayant succombé à une infection pestique intercurrente. La résistance de ces deux souches à l'égard de la streptomycine d'une part, de l'acide para-aminosalicylique (P. A. S.) d'autre part, fut recherchée à la fois en milieu de Dubos et en milieu de Youmans.

1° La sensibilité au P. A. S. est identique pour les deux souches : l'acide para-aminosalicylique ne témoigne d'aucune action jusqu'à la dose de 45 γ : cm³ de culture.

II. La sensibilité à la streptomycine ne présente également aucune différence. Voici, condensées en un tableau facile à interpréter et exprimées en gammas par centimètre cube, les doses inhibitrices de streptomycine qui empêchent, dans les milieux de culture appropriés, l'apparition d'un trouble visible à l'œil nu

		Souche provenant de la poule	
		Témoin.	Traitées.
Milieu de Youmans.	5ᵉ jour..........	2 gammas	2 gammas
	9ᵉ »	5 »	5 »
	17ᵉ »	10 »	10 »
Milieu de Dubos.	5ᵉ jour..........	10 gammas	10 gammas
	9ᵉ »	25 »	25 »
	17ᵉ »	100 »	50 »

En résumé et dans le cadre de nos essais, la dihydrostreptomycine, utilisée en synergie avec une sulfone pour le traitement de la tuberculose spontanée des volailles, ne paraît conférer au bacille tuberculeux de type aviaire aucune résistance particulière à l'égard de l'antibiote.

([3]) *Chimiothérapie des maladies à bacilles acido-résistants*, Paris, 1950.

MICROBIOLOGIE. — *Systèmes inductibles et non inductibles chez* Bacillus megatherium *lysogène* ([1]). Note de Mlle **Hélène Ionesco**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Il existe chez *Bacillus megatherium* des systèmes lysogènes inductibles et non inductibles par le rayonnement ultra violet. Les conditions nécessaires au développement du prophage 1 en phage sont réalisées, après irradiation, chez les souches 899 (1), M (1) et 17 (2) (1). Les conditions nécessaires au développement du prophage 2 ne sont réalisées ni chez 17 (2), ni chez M (2). Le développement des divers prophages est donc contrôlé par des facteurs spécifiques.

Bacillus megatherium 899 (1) ([2]) irradié par un rayonnement ultraviolet produit des bactériophages. L'inductibilité est-elle liée à une propriété des bactéries ou bien des prophages ? Pour tenter de répondre à cette question, nous avons étudié différents bactériophages et différentes souches lysogènes naturelles ou artificielles. Rappelons que les souches détectrices, sensibles à un phage donné, renferment des bactéries « immunes » qui, infectées, donnent des systèmes lysogènes pouvant produire le phage considéré.

Nous avons étudié une souche de *B. m.* 17 (2) lysogène provenant d'un lac bitumeux de l'île de Trinidad et que nous devons à Mlle B. Delaporte. Cette souche produit spontanément un phage que nous désignerons par 2 et qui est actif sur la souche M. Les plages produites sont notablement plus petites, 0,5 à 1 mm, que celles dues au phage 1 qui ont de 2 à 3 mm de diamètre. Ajoutons que les souches 17 (2) et M (2), on dira plus loin l'origine de celle-ci, sont sensibles au phage 1.

Dans une culture en voie de croissance exponentielle de 17 (2) en milieu levuré, il y a en moyenne 1 phage pour 2 000 bactéries. Si l'on admet que chacune des bactéries productrices libère 100 phages, le rapport 1/2 000 correspond à la production spontanée de phages par une bactérie sur 200000.

La bactérie 17 (2) est-elle inductible ? Une culture en voie de croissance exponentielle en milieu levuré caséine ([3]) est irradiée dans les conditions habituelles sous 2 mm d'épaisseur dans une boîte de Petri agitée, à raison de 500, 1000, 2 000, 4 000 ergs : mm^2. Les cultures sont ensuite suivies à l'électrophotomètre. Avec les doses fortes on observe une diminution de la vitesse de croissance. Dans aucun cas nous n'avons décelé de lyse bactérienne. De plus, le nombre de bactériophages présents dans

([1]) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Cancer Institute of the National Institutes of Health* des États-Unis d'Amérique.

([2]) Le chiffre entre parenthèses correspond à l'indicatif du phage produit par la bactérie lysogène.

([3]) A. Lwoff, L. Siminovitch et N. Kjeldgaard, *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 815.

la culture entre la 60e et la 120e mn après l'irradiation est le même que dans les cultures témoins non irradiées. Le rayonnement ultraviolet ne déclanche donc pas le développement du prophage 2 dans la bactérie 17 (2). Comment se comporte ce phage 2 chez la bactérie M ? Nous avons mis en contact cette bactérie et le phage 2 et isolé des souches lysogènes que nous appellerons M (2). Pas plus que 17 (2), M (2) n'est induit par le rayonnement ultraviolet. Enfin, ni 17 (2), ni M (2) ne sont induites par l'acide thiomalique dans les conditions où cette substance induit le développement du phage 1 chez 899 (1) [4].

Le défaut d'inductibilité est-il dû à la nature du prophage ou bien à celle de la bactérie ? On sait que les souches 899 (1) et M (1) sont inductibles. Le phage 1 a été mis en contact avec la souche 17 (2), sensible, et l'on a isolé des mutants immuns. Ceux-ci produisent spontanément un phage actif sur M, M (2) et 17 (2), inactif sur M (1) et qui est apparemment identique au phage 1.

Souches lysogènes.	Le phage produit est actif sur	Phage produit, spontanément, ou dans les systèmes inductibles, après induction.	Inductibilité.
899 (1)	M, M (2), 17 (2)	1	+
M (1)	M, M (2), 17 (2)	1	+
17 (2) (1)	M, M (2), 17 (2)	1	+
17 (2)	M	2	o
M (2)	M	2	o

On trouve environ un phage 1 pour 10 bactéries durant la phase de croissance exponentielle. Il ne nous a pas été possible de savoir si cette souche, que nous appellerons 17 (2) (1) continuait ou non à produire des phages 2. La souche 17 (2) (1), irradiée, après une période latente de 45 à 50 mn au cours de laquelle on observe la classique croissance bactérienne résiduelle [2], se lyse en libérant de 80 à 100 phages 1 par bactérie disparue.

Nous voyons donc que le développement du prophage 1 en phage est induit dans les systèmes 899 (1), M (1) et 17 (2), (1). Le développement du prophage 2 au contraire n'est induit ni dans 17 (2), ni dans M (2). Le système M (1) est donc inductible alors que le système M (2) ne l'est pas. Le développement du prophage 2 dans le système 17 (2) n'est pas induit par l'ultraviolet alors que le développement du prophage 1 dans le système 17 (2), (1) est induit. Ces résultats, qui sont résumés dans le tableau ci-dessus, montrent que l'inductibilité dépend de la nature du prophage. Ceci ne veut pas dire que l'effet primaire du rayonnement inducteur porte

---

(4) A. Lwoff et L. Siminovitch, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1146.

sur le prophage lui-même. Il reste en effet possible que les bactéries jouent un rôle essentiel dans la réalisation des conditions nécessaires pour le développement du prophage.

Quoi qu'il en soit du rôle respectif des bactéries et du prophage dans l'induction, il apparaît nettement que le développement de chacun des prophages 1 et 2 est gouverné par des facteurs spécifiques.

VIROLOGIE. — *Comportement du virus de la chorioméningite chez la Lapine en gestation.* Note de MM. **Georges Blanc** et **Jean Bruneau**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le virus de la chorioméningite n'a pas d'action pathogène sur le lapin ni sur l'embryon à partir du douzième jour de son évolution mais avant cette date et particulièrement du septième au dixième jour, lorsque l'œuf est accolé à la paroi de la corne utérine il provoque une réaction inflammatoire avec arrêt de l'évolution de l'œuf.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré que le virus de la pneumopathie du cobaye, dont nous avons pu établir l'identité avec celui de la chorioméningite ([2]), avait une action d'arrêt sur l'évolution de l'embryon chez la lapine gravide si celle-ci était inoculée pendant les quinze premiers jours de la gestation; passé ce délai l'embryon arrivait à terme bien que souvent porteur de virus.

Nous avions alors expliqué le fait en supposant que le virus de la chorioméningite avait une action léthale sur l'embryon jeune mais que passé un certain stade celui-ci n'était plus réceptif. Cette explication, qui était surtout une constatation, ne nous ayant pas paru très satisfaisante nous avons cherché à préciser le mécanisme de l'action du virus de chorioméningite chez la lapine, au cours de l'évolution de la gestation.

Technique. — Des lapines fécondées (le jour et l'heure de la fécondation étant soigneusement notés) sont inoculées avec du virus de chorioméningite d'origine humaine ([3]) ou animale ([4]). Comme précédemment ces inoculations sont faites à diverses étapes de la gestation. Le virus est constitué par du sang de cobaye infecté, laqué dans de l'eau distillée à raison de 1 cm³ de sang pour 99 cm³ d'eau. La dose inoculée est de 2 cm³. L'injection est faite par voie intramusculaire, à la cuisse. Pour suivre l'évolution de la réaction provoquée par le virus une laparatomie exploratrice est faite au moment de l'inoculation, elle permet de juger de l'état de gravidité et de prélever un embryon pour examen histologique.

Après un laps de temps qui varie généralement de 4 à 6 jours après l'inocu-

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1716.

([2]) G. Blanc, J. Bruneau, B. Delage et R. Poitrot, *Bull. Acad. Méd.*, 135, 1951, p. 255.

([3]) Souche WE que nous a envoyée le docteur Smadel de Washington.

([4]) Souche isolée par nous du cobaye.

lation, une nouvelle laparatomie est faite ainsi qu'un nouveau prélèvement d'embryon; cependant que des cobayes sont inoculés avec du sang de la lapine et d'autres avec la suspension en eau physiologique des tissus broyés d'un embryon.

Résultats. — Nos expériences seront exposées en détail dans une publication ultérieure. Nous n'en donnerons ici que le résumé : Lorsque la lapine gravide est inoculée du premier au dixième jour de la gestation, le virus se développe dans le tissu embryonnaire et particulièrement du septième au dixième jour, lorsque l'œuf est accolé à la paroi de la corne utérine. Il provoque une intense réaction fibreuse de la paroi utérine et une infiltration cellulaire des franges avec mort de l'embryon.

A cette période on observe, lorsque le prélèvement est fait 4 jours après l'inoculation, que l'œuf est augmenté de volume. Mais dans cet œuf il n'y a plus d'embryon, il n'y a plus qu'une masse réactionnelle. Plus tard cette masse se résorbe progressivement et disparaît en 4 à 6 jours.

Le tissu de nouvelle formation est toujours virulent, il arrive même qu'il le soit plus que le sang circulant.

A partir du dixième jour le virus n'a plus aucune action sur l'embryon, de même qu'il n'a plus d'action sur la corne utérine et pourtant il se retrouve dans l'embryon, qui continuera son évolution normale, et également dans la corne, qui cependant ne réagit pas, de même que ne réagit pas la corne d'une lapine infectée mais non fécondée.

Interprétation des faits. — Le virus de la chorioméningite n'a pas d'action pathogène directe sur la lapine ou sur l'embryon libre, mais il cultive sur le tissu embryonnaire de l'œuf fixé à la corne. Il provoque dans ce tissu une intense réaction inflammatoire. Il y aura lieu de préciser si cette réaction précède ou suit la mort de l'embryon.

En résumé un virus non pathogène pour une espèce animale peut cultiver dans les tissus embryonnaires au début de la gestation, provoquer dans ces tissus des réactions inflammatoires et avoir une action léthale sur l'embryon. Il est probable que ces phénomènes, que nous avons mis en évidence chez le Lapin avec le virus de la chorioméningite, ont une extension plus générale qu'il y aura lieu de chercher à dépister sur d'autres espèces animales et avec d'autres virus.

PATHOLOGIE VÉTÉRINAIRE. — *Recherches sur le diagnostic allergique de la morve équine en Iran, par les extraits de bacille de Whitmore et de bacille pyocyanique.* Note de M. **Soleyman Deyhimi**, présentée par M. Gaston Ramon.

Le diagnostic allergique de la morve met en œuvre la malléine, utilisée sous diverses formes (brute, diluée, en tablettes, etc.) et par les voies les plus variées (sous-cutanée, intradermique, muqueuse). Nous inspirant des

conceptions de Legroux (1) et des autres auteurs, qui associent, dans un même groupement, *Malleomyces mallei*, *Malleomyces pseudo-mallei* et *Pseudomonas æruginosa*, nous avons, en Perse, essayé de substituer à la malléine, des extraits glycérinés, préparés de façon identique, à partir du bacille de Whitmore ou du bacille pyocyanique.

La malléine est obtenue par ensemencement de souches morveuses isolées en Iran et reconnues entièrement pathogènes pour le cobaye. Leur virulence correspond à l'apparition du signe de Straus en trois jours et à la mort du cobaye onze jours après l'inoculation intrapéritonéale de 2 milliards de germes.

La « whitmorine » dérive d'une souche provenant de l'Institut Pasteur de Paris et entretenue à la Faculté vétérinaire de Téhéran. Son emploi est inspiré des travaux de Verge (2).

La « pyocyanine » est fabriquée au moyen, soit d'une souche iranienne de *Pseudomonas æruginosa*, soit d'une souche de l'Institut Pasteur de Paris. Son obtention reproduit fidèlement la technique standard de préparation de la malléine. Toutefois, les bouillons glycérinés de bacille pyocyanique s'épaississent volontiers et peuvent même se prendre en gelée; ils filtrent très difficilement sur papier. Le filtrat ainsi obtenu est concentré au 1/10 et utilisé à la dose de 1/10 de centimètre cube de la solution au 1/4.

Nous avons employé conjointement : malléine, whitmorine et pyocyanine pour la recherche de la morve (clinique ou latente) dans différents effectifs iraniens, où la maladie sévit depuis de longues années avec une alarmante intensité. C'est ainsi qu'en certaines régions de la Perse, les malléinations réalisées par les vétérinaires militaires ont décelé une moyenne de 10 à 20 % de sujets présentant une réaction allergique positive.

La morve a été mise en évidence, chez nos chevaux en expérience, soit par un examen clinique approfondi, soit par l'épreuve allergique comportant une injection intradermopalpébrale suivie d'une injection souscutanée. Il va sans dire que nous n'avons retenu, pour expérimenter la valeur diagnostique de la whitmorine et de la pyocyanine, que les sujets atteints de morve clinique ou ayant présenté une double réaction positive aux deux sollicitations successives de malléine.

1. *Épreuves à la pyocyanine.* — Deux « pyocyanines » ont été utilisées, l'une préparée à partir des souches locales iraniennes, l'autre au moyen de la souche pastorienne. La pyocyanine provenant de la souche pastorienne n'a produit aucune réaction sur les chevaux réagissant à la malléine. Par contre, des réactions superposables à celle de la malléine ont été observées généralement après l'injection de pyocyanine d'origine iranienne.

(1) R. Legroux et Blanc, *Ann. Inst. Pasteur*, 69, 1943, p. 491.
(2) J. Verge et Pairemaure, *Rev. Gén. Méd. Vét.*, 39, 1930, p. 17.

Vingt chevaux réagissants, atteints de morve occulte, sont injectés au niveau de la paupière inférieure avec cet extrait pyocyanique. La réaction locale observée rappelle étrangement la réaction à la malléine dans son apparition, son développement, son intensité et sa régression. Des témoins ne présentent aucune réaction.

2. *Épreuves à la whitmorine.* — Les chevaux 83, 129, 182 et 328, présentant depuis longtemps déjà, et tout récemment encore, une réaction positive à la malléine, sont inoculés de whitmorine au niveau de la paupière inférieure. Après 24 h, on constate, sur chaque animal, un œdème très accusé, chaud et sensible, constituant un cercle de près de 10 cm de rayon autour de l'œil inoculé et débordant nettement sur le chanfrein. L'œil demeure complètement clos pendant trois jours avec un muco-pus abondant collecté à l'angle interne. Après 72 h, l'animal entr'ouvre les paupières avec encore beaucoup de difficultés. Après cinq jours, l'œdème, qui tend cependant à disparaître, demeure toujours très sensible.

Deux chevaux sains témoins, non réagissant à la malléination intradermique, ne donnent aucune réaction à la whitmorine.

En revanche, plusieurs animaux : 15, 370, 404 et 424 ayant montré une ou plusieurs réactions douteuses à l'égard de la malléine, manifestent une réaction positive, plus ou moins intense, avec la whitmorine.

3. *Épreuves associées pyocyanine et whitmorine.* — On choisit deux lots de chevaux : l'un sain, comprenant trois sujets; l'autre composé de sept animaux infectés de morve et ayant présenté quelques jours plus tôt une réaction positive à la malléine. Tous ces animaux reçoivent au niveau de la paupière inférieure, à droite la pyocyanine, à gauche la whitmorine.

Aucun témoin n'apparaît sensible. En revanche, tous les sujets à morve occulte montrent une réaction très nettement positive, mais d'intensité variable suivant l'antigène : moins forte dans les cas de la pyocyanine, plus intense même qu'avec la malléine pour la whitmorine.

Conclusions. — Ainsi, dans les conditions de ces recherches, il semble que les propriétés révélatrices de certains extraits glycérinés : whitmorine et pyocyanine, soient comparables à celles que manifeste la malléine en matière de morve des Équidés.

A 16 h 15 mn l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 50 mn.

L. B.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 10 septembre 1951.)

Note présentée le 27 août 1951, de M. *Gustavo Colonnetti*, L'équilibre élasto-plastique dans le temps :

Page 593, 22e ligne, *au lieu de* indépendance, *lire* dépendance.

(*Comptes rendus* du 5 novembre 1951.)

Note présentée le 22 octobre 1951, de MM. *Maurice Buyle-Bodin* et *Daniel Dautreppe*, Résonance quadrupolaire Cl^{35} et Cl^{37} dans p-$C_6H_4Cl_2$:

Page 1101, 23e ligne, *supprimer* le rappel (1).
» » 32e ligne, *au lieu de* (3), *lire* (1).
» » en bas de page, note (1), *supprimer les mots* par MM. Jacquinot et Barbaron.

Note présentée le même jour, de MM. *Fernand Caujolle*, *Édouard Stanislas* et Mlle *Georgette Bergal*, Sur l'absorption du S-gaïazulène par le *Lupinus albus* L. :

Page 1134, 7e ligne en remontant, *au lieu de* 1° Localisation des plantules, *lire* 1° Développement des plantules.

FIN DU TOME DEUX-CENT-TRENTE-TROISIÈME.

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET-DÉCEMBRE 1951.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 233.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Y

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

I

M

N

O

P

S

U

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

142770-53.